

# VAIJERIHARATUTKIMUS

**sito** Suomalainen Insinööritoimisto Oy

Neuvotteleva insinööritoimisto Elsankuja 2 02230 Espoo 23  
Puhelin 90-803 2022

Lappeentie 4 55100 Imatra 10  
Puhelin 954-65755

Merenkulkuhallituksen toimeksiannosta Suomalainen Insinööritoimisto Oy on selvittänyt vaijeriharan tarkkuutta ja käyttöä meriväylätutkimuksissa. Tässä raportissa on esitetty suoritettujen tutkimusten tulokset ja pyritty antamaan suosituksia kaluston käytöstä ja itse kalustosta.

Tutkimus suoritettiin kesällä 1977 ja 1978. Sääolosuhteiden vaihteluiden takia tehtiin tutkimus osittain avoimella ulkomerialueella ja osittain saariston suojassa. Ulkomerialueella haran pituus oli 300 m ja haraussyvyys  $H_s = 13,0$  m ja saariston suojassa haran pituus vaihteli 100-150 m ja haraussyvyys  $H_s = 5,0 \dots 10,0$  m.

Tutkimukseen ovat osallistuneet merenkulkuneuvos Eero Muuri ja toimistopäällikkö Seppo Laurell MKH:sta, dipl.ins. Lassi Rämö TVH:sta sekä dipl.ins. Erkki Jännes, ins. Jukka Venhola ja ins. Tapio Väkiparta Suomalainen Insinööritoimisto Oy:stä.



## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. VAIJERIHARAUS	
1.1 Tutkimusryhmä ja tutkimusvälineet	1
1.2 Vaijeriharan käyttö	2
2. SUORITETUT TUTKIMUKSET	
2.1 Tutkimustavat	3
2.11 Pohjavaijerin kulku- syvyys ja liikkeet	4
2.12 Lippuviitan liikkeet	4
2.13 Sääsuhteiden vaikutus	5
2.14 Muut tutkimukset	5
2.2 Tutkimustulokset	
2.21 Pohjavaijerin kulku- syvyys ja liikkeet täys- syväharauksessa	6
2.22 Haran käyttäytyminen pohjakosketuksen ai- kana	9
2.23 Harauksen peittävyys	12
2.24 Sääsuhteiden vaikutus haraan	14
3. YHTEENVETO	18

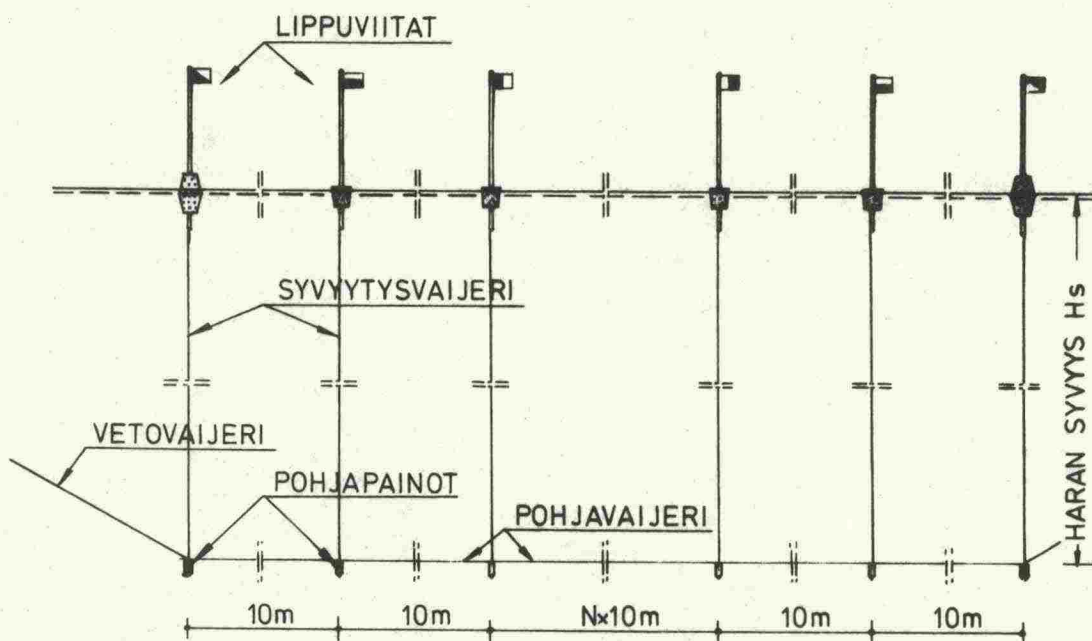
Liitteet 1-10

## VAIJERIHARAUS

## 1.1

Tutkimusryhmä ja tutkimusvälineet

Vaijeriharauksessa käytettävän tutkimusvälineistön muodostavat varsinainen hara sekä 3 moottorivenettä. Vaijerihara käsittää pohjavaijerin ja siihen kiinnitettävät painot sekä näiden kannattamiseen tarvittavat lippuviitat. Lippuviittojen lukumäärä vaihtelee yleensä merialueen tutkimuksissa 31-41 kappaleen välillä, jolloin haran pituus on 300-400 m. Sisävesialueilla ja kapeilla saaristoväylillä käytetään myös lyhyempää haraa, jonka pituus on 100-200 m.



KUVA 1 VAIJERIHARA

Lippuviitan (ks. liite 1) muodostaa 2,15 m pituinen halkaisijaltaan 40 mm alumiiniputki, jonka alaosassa on kannatuskoho. Kannatuskohona käytetään katkaistun kartion muotoista solumuovikappaletta, jonka tilavuus on 23 l lukuunottamatta reunimmaisista lippuviittoista, joissa on 2 kpl 23 l:n solumuovikohoa. Lippuviitan paino vaihtelee 4,5-5,0 kg välillä.

Vaijeriharaukseen käytettävistä moottoriveneistä yksi toimii harauksen johto- ja paikanmäärittysveneena ja kaksi muuta venettä vetää välissään vaijeriharaa. Johtoveneessä tarvitaan haraustyön johtajan lisäksi yksi ammattimies, joka suorittaa paikanmäärittäykset haraustyön johtajan kanssa sekä veneen kuljettaja ja 1-2 miestä. Vetoveneissä kuljettajan lisäksi on kaksi miestä, jotka suorittavat haran laskemisen ja nostamisen. Yhteensä on harausta suorittavissa veneissä 10-11 miestä.

## 1.2

### Vaijeriharan käyttö

Vaijeriharaa käytetään normaalisti varmistusharauksessa laajoilla vesialueilla, joissa pohjakosketuksia yleensä on vähän. Haraa voidaan myös erikoistapauksissa käyttää ns. verhokäyrän harauksessa, jolloin hara ajetaan matalan reunaan kiinni mahdollisimman pitkällä matkalla. Tällöin voidaan lippuviittojen sijaintipisteet yhdistämällä muodostaa suhteellisen tarkka täyssyvän rajaava kupera verhokäyrä. Tällä haraustavalla voidaan pienentää mm. tankoharausalueita.

Haran syvyitys suoritetaan säätämällä syvyitysvaijerin pituus siten, että lippuviitan kohon vesirajan ja pohjapainon yläreunan väli vastaa vaijeriharan haraussyvyyttä. Haraukseen liittyvän epätarkkuuden vuoksi vaijerihara syvyytetään nykyisin 1,5 m normaalia väylän haraussyvyyttä syvemmälle.

Vaijeriharan laskeminen suoritetaan kahdesta vetoveneestä, jotka kummatkin purkavat keloiltaan samansuuruisen määrän pohjavaijeria. Eri veneiden pohjavaijeriosuudet yhdistetään ja niihin kiinnitetään alaslaskun aikana 10 m:n välein pohjapaino ja lippuviittavaijeri. Kun koko hara on laskettu, reunimmaisiiin pohjapainoihin kiinnitetään noin 100 m:n pituiset hinausköydet ja haraus aloitetaan vetoveneiden ollessa kuvan 6 (sivu 13) mukaisissa asemissa.



Vaijeriharan sijainnin määrittäminen edellyttää käytännöllisten ja riittävän tarkkojen paikanmääritysmenetelmien käyttöä. Vaijeriharan paikanmääritys suoritetaan yleensä liikkuvasta johtoveneestä haran molemmista reunoista lukien toisen ja kolmannen lippuviitan välistä. Paikanmääritys suoritetaan optisia kulmanmittauslaitteita käyttäen. Optisina mittausvälineinä käytetään normaalisti kahta kvintanttia, jolloin mittaus suoritetaan taaksepäinleikkauksena. Havaitut kulma-arvot merkitään yleensä 1:20000 mittakaavaiselle työlevylle joko kulma-asetinta käyttäen tai laskennallisesti saatujen koordinaattien avulla.

Paikanmääritystä on avomerialueilla suoritettu myös radioteknisillä laitteilla. Radioteknisenä paikanmäärityslaitteena on käytetty decca-laitteistoa. Tällä paikanmääritystavalla voidaan vaijeriharan sijainti selvittää myös sellaisissa olosuhteissa, joissa optinen paikanmääritys ei ole mahdollista pitkien välimatkojen tai huonojen sääolosuhteiden takia.

## 2

### SUORITETUT TUTKIMUKSET

#### 2.1

##### Tutkimustavat

Pohjavaaijerin kulkusyvyiden ja sen mahdollisten liikkeiden tutkiminen suoritettiin kaikuluotainta käyttäen. Lippuviitan käyttäytymistä haran pohjakosketuksen ja haravaaijerin pystyliikkeiden aikana selvitettiin silmävaraisin havainnoin ja valokuvaamalla. Lisäksi tutkittiin lippuviitan käyttäytymistä vastaavissa tilanteissa lippuviitavälin ollessa normaalia lyhyempi (5 m) sekä käyttämällä erilaisia pohjavaaijerin kiinnitystapoja. Maastotutkimuksen aikaisissa sääolosuhteissa selvitettiin tuulen ja aaltojen vaikutusta haraan. Toimistotyönä tehtiin pohjavaaijerin ja lippuviittojen käyttäytymisestä teoreettisia laskelmia.

Tutkimuksen yhteydessä pyrittiin myös selvittämään miten haran tarkkuus muuttuu, kun pohjavaijeri korvataan jäykällä putkella.

## 2.11

### Pohjavaijerin kulkusyvyys ja liikkeet

Pohjavaijerin kulkusyvyyttä ja liikkeitä selvitettiin Atlas-Deso 10 kaikuluotaimella. Kaikuluotaimen piirturilaitteessa valittiin pystymittakaavaksi 1:100, jolloin sen lukematarkkuutena voidaan pitää  $\pm 50$  mm. Pituussuuntaiseksi mittakaavaksi saadaan noin 1:300, kun diagrammipaperin kulkunopeus on 100 mm/min. ja veneen kulkunopeus 1,0 solmu.

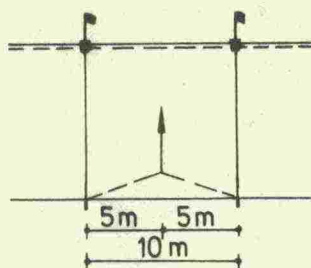
## 2.12

### Lippuviitan liikkeet

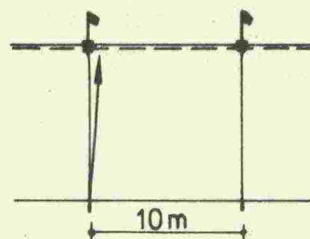
Vaijeriharan pohjakosketus voidaan yleensä havaita ainoastaan pohjaesteen aiheuttaman lippuviittojen liikkeiden perusteella. Näiden liikkeiden suuruutta suhteessa pohjavaijerin liikkeisiin selvitettiin silmävaraisin havainnoin sekä valokuvaamalla lippuviitan heilahtelua.

Lippuviittatutkimukset suoritettiin pääasiassa normaalin haraustyön yhteydessä. Tällöin nostettiin pohjavaijeria eri kerroilla pohjapainojen välisen pohjavaijerin keskikohdasta (kuva 2) ja pohjapainon kohdalta (kuva 3). Nosttoilla pyrittiin kuvaamaan pohjavaijerin kulkua laakean ja sileäpintaisen kallion tai muun sellaisen laakean pohjamuodostuman yli, jossa haran ja pohjan välinen kitka on suhteellisen vähäinen. Lisäksi seurattiin lippuviittojen liikkeitä ajamalla haraa rataakiskosta rakennettuun pohjaesteeseen (liite 2).





KUVVA 2



KUVVA 3

NOSTOVAIJERIN SIJAINNIT LIPPUVIITAN LIIKKEITÄ TUTKITTAESSA

Lippuviittojen kallistumista selvitetttiin myös haraustyössä tapahtuneiden pohjakosketusten yhteydessä ja muuttamalla tavallisesti käytetty 10 m:n lippuviittojen väli poikkeuksellisesti 5 m:iin.

## 2.13

### Sääsuhteiden vaikutus

Aallon korkeus ja pituus mitattiin aallon korkeus- ja pituusmittarin avulla. Aallon korkeus mitattiin tekemällä korkeushavainnot noin 50 peräkkäisestä aallosta. Korkeushavaintojen mukaan laskettiin merkitsevän aallon korkeus ja havaintosarjan aallon korkeuksien keskiarvo. Merkitsevä aallonkorkeus saatiin ottamalla kolmasosa havaintosarjan suurimmista aallonkorkeuksista ja laskemalla niiden keskiarvo.

## 2.14

### Muut tutkimukset

Pohjavaijerin ja lippuviittojen liiketutkimusten ohella selvitetttiin harausryhmän kulkunopeutta normaalissa haraustyössä sekä mitattiin hinausveneiden vetovoiman suuruus haravaijerissa. Haran kulkunopeuden selvittämiseksi merkitsivät johtoveneessä olevat paikanmäärittäjät kulmahavaintojen suorittamisajankohdan harauspöytäkirjaan. Laskemalla kahden havaintopisteen välimatka käytetyn ajan suhteen voitiin haran kulkunopeus määrittää. Hinausveneidien vetovoimien suuruudet mitattiin jousivaa'alla.

Vierekkäisten harauslinjojen peittävyys selvittämiseksi laskettiin v. 1975 Kihdin väylällä suoritettun haraustyön tulokset vaijeriharaspöytäkirjassa esitettujen kulmahavaintoarvojen perusteella (liite 7).

## 2.2

### Tutkimustulokset

Maastotutkimuksen aikana on selvitetty ensisijaisesti haran käyttäytymistä pohjakosketuksen aikana sekä pohjavaijerin kulkusyvyyttä varmistusharauksen yhteydessä, jolloin pohjakosketuksia ei ole tapahtunut.

## 2.21

Pohjavaijerin kulkusyvyys ja  
liikkeet täyssyväharauksessa

Pohjavaijerin todellinen kulkusyvyys riippuu haran syvytystason tarkkuudesta ja haravaijerin mahdollisista liikkeistä työn aikana. Kulkusyvyystutkimukset tehtiin kaiku-  
luotaimella kahdessa reunimmaisessa ja keskimmaisessä lippuviittavälissä.

Luotaustulosten mukaan haravaijeri kulki tasaisesti eikä mitään suurempaa heiluntaa voitu havaita. Luotausdiagrammeista määritettiin haravaijerin keskimääräinen kulkusyvyys haran syvytystason ollessa -10,0 m. Keskimääräiseksi kulkusyvyudeksi saatiin reunavälissä -9,96 m, toiseksi reunimmaisessa välissä -10,04 m ja keskimmaisessa välissä -10,07 m. Suurimmat havaitut erot em. keskimääräisten kulkusyvyyksien ja eri aikana suoritettujen ajokertojen keskiarvojen välillä olivat  $\pm 0,1$  m.



Ottamalla huomioon jäljempänä mainitut virhetekijät voidaan tulosten perusteella todeta, että pohjavaijeri kulkee suhteellisen hyvin asetussyvyydellä. Päätypoiju kulkee jonkin verran muita poijuja ylempänä vetovaijerin ylöspäin vaikuttavasta voimasta johtuen. Pohjavaijerin kulkusyvyys vaijeriharan reuna-alueella riippuu vetoköyden pituudesta. Mitä lyhyempi köysi on, sitä ylempänä kulkee pohjavaijeri reunimmaisissa kentissä.

Seuraavassa taulukossa on laskennallisesti tarkasteltu haran vetovoiman pystykomponentin vaikutusta päätypoijuun sekä sen viereiseen poijuun erilaisilla vetoköysipituuksilla. Vetovoiman suuruutena on käytetty 120 kp. Tämä vastasi maastossa suoritettujen mittausten mukaan myös todellista vetovoiman suuruutta.

TAULUKKO 1 VETOKÖYDEN PITUUDEN VAIKUTUS POIJUN KORKEUSASEMAAN

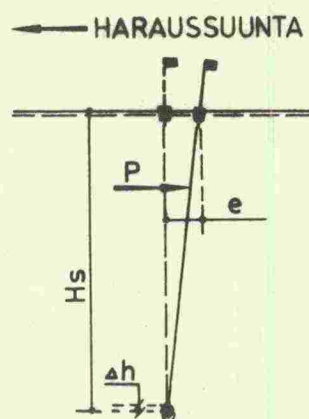
Haran syväytys- taso (m)	P o i j u j e n n o u s u (mm)					
	Päätypoiju			2. poiju päädyistä		
	Vetoköysien pituudet (m)					
	80	100	120	80	100	120
-10	159	130	110	20	17	14
-11	173	142	120	22	18	16
-12	187	154	130	25	20	17
-13	202	164	140	26	22	18

Taulukon tulosten mukaan voidaan vetoköyden pienimmäksi pituudeksi suositella 120 m. Haraussyvyyksillä 11-13 m reunakentän keskimääräinen syvyys on tällöin 75 mm ja seuraavan kentän 8 mm haran syvyytystason yläpuolella.

Haran kulkusyvyyteen vaikuttaa oleellisesti se miten hara on syvyytetty. Käytössä olevan syvyytysohjeen mukaan on

haraussyvyys lippuviitan kohon vesirajan ja pohjapainon yläreunan välinen etäisyys. Tutkimustyön aikana kaiku-  
luodin avulla tehtyjen havaintojen mukaan kulki lippuviitan  
koho 1,0-1,5 m haravaijerin takana ( $H_s = 10,0$  m).  
Koska kohon uppouma oli sekä haran syvyytysvaiheen että  
ajon aikana likimain yhtä suuri (poijusta oli näkyvissä  
20-30 mm), aiheuttaa lippuviittavaijerin kallistuminen ajon  
aikana pohjavaijerin syvyyden pienenemistä.

Haran etenemisnopeus oli tällöin  
0,5 m/s, mikä vastaa maastossa mit-  
tauksilla havaittua haran keskimää-  
räistä nopeutta. Ko. nopeus vastasi  
vetoveneiden moottoreiden normaaleja  
harauksessa käytettäviä kierrosnopeuk-  
sia esim. MV 11:llä 670 r/min. ja MV  
6:lla 1700 r/min. Lippuviittavaijerin  
kallistuminen aiheuttaa eri haraussy-  
vyyksillä seuraavat poikkeamat ( $e$ ) ja  
haraussyvyyden pienenemiset ( $\Delta h$ ).



KUVA 4 SYVYYTYS-  
VAIJERIN KALLISTU-  
MINEN

TAULUKKO 2 SYVYYTYSVAIJERIN KALLISTUMISEN AIHEUTTAMA  
SYVYYDEN PIENENEMINEN HARAN SYVYYTYSTASON  
 $H_s$  SUHTEEN

$H_s$	$e$ (m)	$\Delta h$ (mm)
10	1,35	90
11	1,45	100
12	1,60	110
13	1,75	125

Haraussyvyyden pienenemiseen vaikuttaa oleellisesti haran  
kulkunopeus. Kulkunopeuden kasvaessa suurenee myös lippu-  
viittavaijerin kallistuminen, esim. haran ajonopeudella  
0,6 m/s pienenee haraussyvyys 180 mm, kun  $H_s = 13,0$  m.



2.22

Haran käyttäytyminen pohjakosketuksen aikana

#### Yleistä

Haran pohjakosketus havaittiin normaalisti joko lippuviittalinjassa tapahtuvana suuntamuutoksena tai yksittäisen lippuviitan kallistumana.

Pohjakosketus havaittiin lippuviittakäyrässä lähinnä silloin, kun hara kohtasi pohjaesteen, josta se ei päässyt nousemaan yli. Tällaisia olivat yleensä jyrkät vedenalaiset rinnemuodostumat ja yksittäiset pystyseinämäiset kivet sekä lohkariekit. Haravaijerin kohdatessa mainitunlaisen esteen se pyrki jäämään esteeseen kiinni tai haravaijerin kulku törmäyskohdassa oli suuren kitkavoiman takia erittäin hidasta. Hara antoi yleensä tällaisessa tapauksessa suhteellisen luotettavasti tiedon syvyytystason yläpuolelle kohoavasta vähäisestäkin esteestä. Pohjavaijerin tai pohjapainojen takertuminen esteeseen oli helppo havaita lippuviittalinjaan muodostuvasta kulmanmuutoksesta sekä lippuviittalinjan oikenemisesta vetoveneiden suuntaisiksi pohjakosketuskohdan molemmilla puolilla.

Sen sijaan laakean pohjaesteen, josta haravaijeri liukui yli, aiheuttama muutos oli vaikea havaita lippuviitoissa. Tällaisten havaintojen tutkimiseksi rakennettiin rataakiskosta pohjaeste johon hara ajettiin. Haravaijerin liikkeiden vaikutusta lippuviittoihin tutkittiin lisäksi kohdassa 2.12 esitetyillä tavoilla ja havaitsemalla tällöin lippuviitassa esiintyvät kulmamutokset.

#### Maastotutkimukset

Pohjavaijerin pystysuuntaisen liikkeen aiheuttamaa lippuviitan kaltevuuden muutosta tutkittiin normaalin työharauksen yhteydessä. Pohjavaijerin nousututkimuksen tulokset on esitetty liitteessä 3. Lippuviittojen väli oli tällöin 10 m.



Tulosten mukaan voi haravaijerin keskiosa nousta noin 1,0-1,1 m ennenkuin lippuviitan kallistuminen on selvästi havaittavissa. Selvästi havaittavana lippuviitan kaltevuuden muutoksena voidaan pitää n. 50<sup>g</sup> kaltevuutta, jolloin se myös on huomattavasti suurempi kuin suurimmat aaltojen ja tuulen aiheuttamat lippuviitan kallistumat. Lippuviitan kaatuminen (kaltevuus 100<sup>g</sup>) edellytti noin 1,5 metrin nousua haravaijerin keskiosalla.

Lippuviitan käyttäytymistä tutkittiin myös nostamalla haravaijeria lippuviitan kohdalta sekä normaalin työharauksen yhteydessä sattuneiden pohjakosketusten aikana. Tällöin mitattiin pohjaesteiden syvyys lippuviitan kohdalla kaiku- luotainta käyttäen. Tutkimuksen kaikki tulokset on esitetty liitteessä 5. Tuloksista mainittakoon, että pohjavaijeri voi pohjapainon kohdalla nousta 0,3-0,4 m ennenkuin lippuviitan kallistuma on 50<sup>g</sup>. Lippuviitan kaatuminen edellytti 0,6-0,8 metrin suuruista haravaijerin nousua.

Lippuviitan kaltevuuden muutosta tutkittiin vastaavilla menetelmillä muuttamalla lippuviittojen väli 5 metriin. Liitteessä 4 on esitetty näin suoritettujen nostotutkimusten tuloksia. Tuloksista havaitaan, että lippuviittavälin muuttaminen 5 metriin lisää haran tarkkuutta. Lippuviittojen 50-100<sup>g</sup> suuruiset kaltevuuden muutokset syntyvät 0,4-0,6 m pienemmällä haravaijerin nousuilla kuin liitteen 3 mukaista 10 m:n lippuviittaväliä käytettäessä.

Avomerialueen harauksissa (Hs 10-13 m) on 5 metrin lippuviittavälin käyttö kuitenkin suhteellisen vaikeaa, koska lähekkäin olevat lippuviittavaijerit sotkeentuvat helposti toisiinsa haraa laskettaessa. Lippuviittaväliä pienentämällä voidaan haran tarkkuutta kuitenkin lisätä suoritettaessa harauksia pienillä haraussyvyyksillä (Hs < 7 m) esim. järviolueilla ja saaristoväylillä.

Putkiharalla suoritettujen alustavien tutkimusten mukaan paranee vaijeriharan tarkkuus merkittävästi, kun pohjakosketuksen yhteydessä taipuva pohjavaijeri korvataan mahdollisimman jäykällä putkella ( $\varnothing$  40 mm,  $l = 6$  m). Lippuviittojen selvästi havaittavat kaltevuudenmuutokset ( $50-100^\circ$ ) syntyvät pohjaputken nousuilla 0,4-0,8 m. Putkiharalla työskennellessä on vaikeutena putkien vääntyminen pohjakosketuksen yhteydessä ja raskas, käsin suoritettu haran lasku ja nosto.

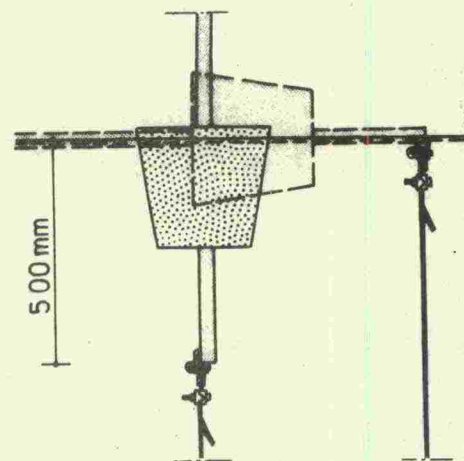
### Laskennallinen tarkastelu

Laskennallisesti tarkasteltiin lippuviitan kallistumista erikseen pohjakosketuksen ollessa lippuviitan kohdalla ja pohjakosketuksen tapahtuessa lippuviittojen välillä.

#### Pohjakosketus lippuviitan kohdalla

Kun pohjakosketus tapahtuu lippuviitan kohdalla niin lippuviitan kaatumisen edellyttämä pohjavaijerin nousu muodostuu tällöin seuraavien osaliikkeiden summana:

1. Lippuviitan kaatuessa on syvyytysvaijerin kiinnityskohdan nousu 0,5 m.
2. Syvyytysvaijerin kallistumisen aiheuttama pohjapainon nousu on 0,2 m. Syvyytysvaijerin kallistuminen aiheutuu pohjapainon kitkasta sileän kallionpinnan suhteen (liite 10, sivu 14).



KUVA 5 LIPPUVIITAN KAA-  
TUMISEN AIHEUTTAMA SY-  
VYYTYSVAIJERIN NOUSU

Laskennallisesti saadaan täten lippuviitan kaatumiseen johtavan pohjavaijerin kiinnityskohdan nousun suuruudeksi 0,7 m. Tulos vastaa hyvin maastotyön aikana tehtyjä nostotutkimuksia, joissa nousun suuruudeksi saatiin 0,6-0,8 m.



### Pohjakosketus lippuviittojen välillä

Kun pohjakosketus tapahtuu pohjapainojen välisellä alueella, on em. nousun arvoon lisättävä pohjavaijerin pystyliikkeen suuruus. Pohjakosketuksen ollessa kenttävälin keskiosalla on pohjavaijerin nousun oltava 0,6 m, jotta lippuviitta kaatuu. Tällöin on lippuviittojen väli 10 m. Pohjavaijerin pystyliike aiheuttaa lisäksi pohjapainojen välisen etäisyyden pienenemisen. Etäisyyden pieneneminen lisää lippuviitan kaatumiseen tarvittavan pohjavaijerin pystyliikkeen suuruuden 1,0-1,1 metriin.

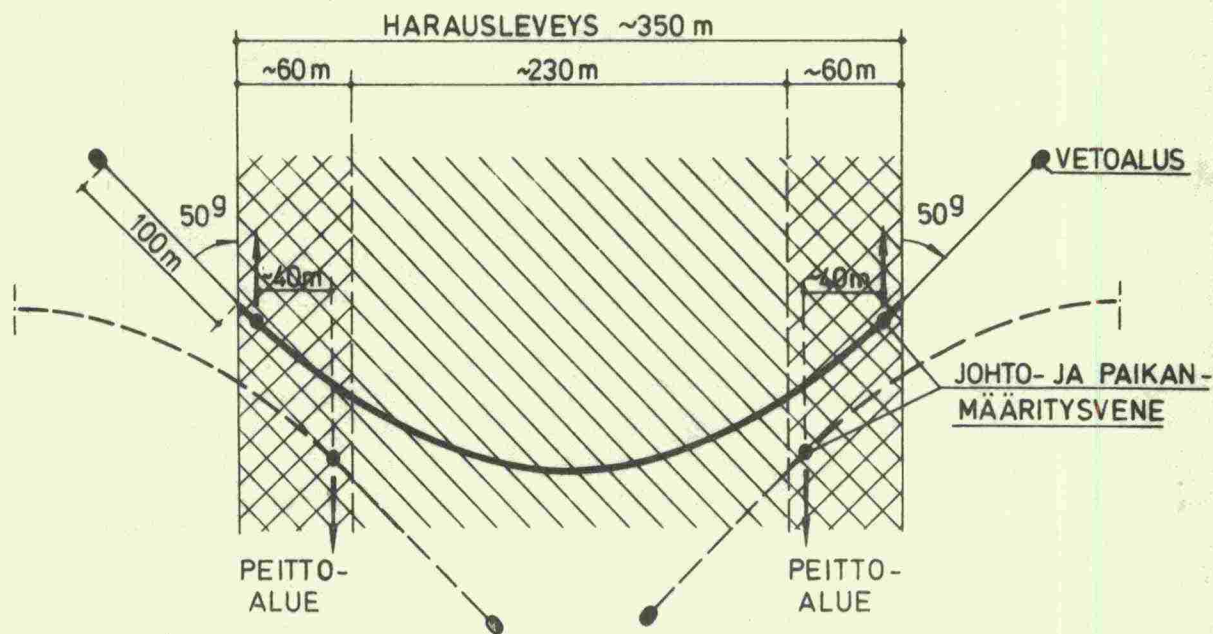
#### Yhteenveto

Lopputuloksena voidaan laskennallisesta selvityksestä todeta, että pohjaesteen sijaitessa pohjapainojen välisellä alueella ovat lippuviitan kaatumiseen tarvittavat lippuviitan ja pohjavaijerin yhteenlasketut liikkeet pahimmassa tapauksessa 1,7-1,8 metrin suuruisia. Tulos vastaa hyvin maastotutkimuksen aikana havaittuja pohjavaijerin nousun arvoja, joissa lippuviitan kaatumiseen tarvittavan nousun suuruus vaihteli 1,5-1,8 metrin välillä.

#### 2.23

##### Harauksen peittävyys

Vaijeriharauksen peittävyys riippuu käytettävän paikanmääritysmenetelmän lisäksi lähinnä tuuli- ja virtausolosuhteista. Varsinkin pinnalta vaikeasti havaittavat pohjavirtaukset saattavat huomaamatta aiheuttaa haran siirtymistä pois päin ajolinjalta. Vierekkäiset ajolinjat pyritään tästä johtuen ajamaan osittain päällekkäin. Peittoalueen suuruutena käytetään nykyisten ohjeiden mukaan n. 60 metriä, mikä saadaan vierekkäisten halssien paikanmäärityslinjojen välin ollessa 40 m.



KUVA 6 VAIJERIHARAN HARAUSLEVEYDEN JA PEITTOALUEEN SUURUUDET

Käytetty peittoalue on suhteellisen pieni ja edellyttää haran pysymistä hyvin ohjauslinjallaan, muuten jää halssien väliin aukkoja eikä haraus ole peittävä. Jos vierekkäisten halssien poikkeamat teoreettisesta ohjauslinjasta sattuvat samalla kohdalle ja ovat eri suuntaisia, on ohjaustarkkuuden oltava alle 8 % harauksen leveydestä (350 m), jotta vältetään aukkojen jääminen halssien väliin.

Kihdin väylällä suoritettun vaijeriharauksen karttapiirroksista (liite 7 ja 8) havaitaan, että oikean etenemissuunnan säilyttäminen on ollut hyvin vaikeaa. Esim. halsseilla I ja II on peittoalueen leveys ajolinjan alkuosalla 140 m, mutta linjan loppuosalla halssit erkanevat toisistaan ja syntyneen aukon leveys on suurimmillaan noin 90 m. Aukon syntymiseen on ilmeisesti vaikuttanut mittauspäällikön havainto peiton suuresta leveydestä (90-140 m) ohjapeittoalueeseen (n. 60 m) verrattuna kiinniottopisteiden 39-47 välillä ja pyrkimys ylisuuren peittoalueen pienentämiseen suunnanmuutoksella



pisteessä 47. Tällöin suoritettu suuntakorjaus on kuitenkin ollut niin suuri, että hara ajautui irti viereisen halssin alueesta. Haran vaikeata ohjattavuutta kuvastaa vielä sekin, että kaikkien ajolinjojen väliin on jäänyt yksi aukkopaiikka.

Tulosten perusteella havaitaan, että vaijerihara on suhteellisen vaikea pitää halutulla ohjauslinjalla ja työ edellyttää kokenutta mittauspäällikköä. Harauksen onnistumiseen vaikuttaa ratkaisevasti myös valitun peittoalueen leveys. Vastaisuudessa tulisikin harkita peittoalueen suurentamista, varsinkin 300-400 m leveitä haroja käytettäessä. Vierekkäisten halssien paikanmäärittyslinjojen välin suurentaminen 40 metristä 80 metriin muuttaisi peittoalueen kokonaisleveyden 100 metriin ja vähentäisi huomattavasti todennäköistä aukkojen määrää. Esim. liitteen 8 harauksessa ei halssien väliin olisi todennäköisesti jäänyt lainkaan aukkoja.

## 2.24

### Sääsuhteiden vaikutus haraan

Sääsuhteiden osalta selvitettiin lähinnä tuulen ja aaltojen vaikutusta haraan. Tuulen osalta selvitettiin sen nopeuden ja suunnan aiheuttamia muutoksia lippuviitan asentoon. Koska pohjavaijerin liikkeet, ainakin pohjapainon kohdalla, ovat likimain saman suuruisia lippuviitan pystysuuntaisten liikkeiden kanssa pyrittiin aaltojen vaikutusta pohjavaijeriin selvittämään mittaamalla lippuviitan kohon sijaintia erilaisten aallonkorkeuksien aikana. Kohon korkeustaso aaltojen korkeimman ja matalimman aseman aikana mitattiin valokuvien avulla.

Merialueella, syvissä vesissä harausta suoritettaessa on tyynen veden pinta ( $T_w$ ) likimain puolet mitattujen aaltojen korkeuksien keskiarvosta ( $H_k$ ). Koska haran ~~gv~~vytytys suoritetaan tyynen veden suhteen, ilmaisevat kohon korkeusvaihtelut suoraan myös aaltojen nostavaa ja laskevaa vaikutusta pohjavaijerin korkeustasoon.





TAULUKKO 3 ERILAISTEN AALTOJEN VAIKUTUS POHJAVAIJERIN LIIKKEISIIN

Pohjavaijerin poikkeama S harausvyvyydestä (Hs)	S ä ä o l o s u h t e e t			
	17.08 Hk=150mm  L=5m Tuuli 1,5m/s	23.08 Hk=100mm Hm=140mm L=6m Tuuli 1,0m/s	08.09 Hk=210mm Hm=290mm L ~ 5m Tuuli 4,75m/s	18.08 Hk=500mm  L=10-15m Tuuli 5,2m/s
Poikkeama Hs:stä ylöspäin (S1)(mm)	55	50	10-35	120
Poikkeama Hs:stä alaspäin (S2)(mm)	65	50	65-85	240
Hk = aallon keskikorkeus, Hm = aallon merkitsevä korkeus, L = aallon pituus				

Tuloksista voidaan havaita, että pienillä aallon keskikorkeuksilla (100-150 mm) ja tuulen nopeuksilla (1,0-2,0 m/s) on pohjavaijerin syvyytystason pystysuora muutos likimain puolet aallon keskimääräisestä korkeudesta. Koho siis säilyttää saman aseman vedenpinnan suhteen aallon harjalla ja aallon pohjassa. Aallon keskikorkeuden kasvaessa yli 150 mm ja tuulen nopeuksien ollessa noin 3 m/s, alkaa koho upota aallon harjoilla ja vastaavasti paljastua yhä enemmän aaltojen pohjilla.

Tutkimuksen mukaan voi mittauspäälliköiden kelvollisiksi arvioimissa harausolosuhteissa aallon keskikorkeus olla noin 200 mm ja aallon merkitsevä korkeus (Hm) noin 300 mm tuulen nopeuden ollessa keskimäärin  $< 5$  m/s. Tällöin aiheutuu pohjavaijeriin haraustasosta (Hs) ylöspäin 10...60 mm:n liike ja haraustasosta alaspäin 50...100 mm:n liike. Tuloksista havaitaan, että pohjavaijerin liikkeet haraustasosta ylöspäin ovat vähäisempiä kuin haraustasosta alaspäin. Haraustasosta ylöspäin suuntautuvat liikkeet ovat kuitenkin harauksen tarkkuuden kannalta huomattavasti pahempia kuin päinvastaiset liikkeet. Tulokset osoittavat kuitenkin, että vaijeriharaa voidaan käyttää vielä suhteellisen pahoissakin aallokoissa kunhan aaltojen nostava vaikutus huomioidaan ylisyvyytyksenä jo haran laskuvaiheessa.



Pääasiassa sääolosuhteista johtuvana haran korkeustasoon vaikuttavana tekijänä on myös huomioitava vesikorkeuden muutokset. Päivittäinen vedenkorkeus keskiveteen verrattuna saattaa hyvien luotausilmojen vallitessa vaihdella jopa  $\pm 150$  mm:n välillä. Koska vaijeriharan syvyytystason korjaus vaatii runsaasti aikaa (noin 2 h) ja sitä ei päivittäin muuteta keskiveden suhteen, on korjaus aikaisemmin huomioitu haran syvyytyksen yhteydessä riittävänä ylisyytyksenä.

Vaijeriharausta tulevina vuosina suoritettaessa on kuitenkin tärkeää välttää liian suurta ylisyytytystä ja mm. veden korkeustason muutokset tulee tarvittaessa huomioida päivittäin. Suoritetun tarkkuustutkimuksen yhteydessä on syvyytysvaijerin yläpään tehty rakennemuutoksia, jotka mahdollistavat harausyydyden muuttamisen kesken työpäivän haran ollessa vedessä harausasennossa. Tällöin on lippuviitan ja syvyytysvaijerin yläpään väliin kiinnitetty noin 1,5 m kettinkiä, jonka pituutta voidaan tarvittaessa ketjun lenkkien ja iskuhaan kanssa helposti ja nopeasti muuttaa.

Tuulen nopeuden ja suunnan vaikutusta lippuviittojen kaltevuuksiin tutkittiin valokuvista mittaamalla. Tuloksista (liite 9) havaitaan, että kelvollisissa harausolosuhteissa ovat suurimmat mitatut lippuviitan kallistumat noin  $20^\circ$  keskimääräisten kaltevuuksien vaihdellessa kuitenkin  $2-12^\circ$ :n välillä.

Tuulen vaikutus lippuviittoihin ei yleensä ole haran tarkkuuden kannalta merkittävä. Kuitenkin tuulisessa säässä harattaessa on lippuviittojen liikkeitä tarkkailtava erityisen huolellisesti, jotta mahdollisen pohjaestein aiheuttama muutos lippuviitan liikkeisiin havaitaan.

## YHTEENVETO

Vaijeriharan tarkkuus riippuu pohjavaijerin syvyytystason ja todellisen kulkusyvyyden erosta sekä pohjaesteiden lippuviittalinjaan tai yksittäiseen lippuviittaan aiheuttamien muutosten havaittavuudesta.

Tutkimusten mukaan pohjavaijeri kulkee hyvin halutulla syvyydellä mikäli syvyytys on suoritettu oikein. Sen sijaan pohjakosketuksen havaittavuus riippuu pääasiassa syvyytystason (Hs) yläpuolelle ulottuvan matalan muodosta.

Kun matala on jyrkkämuotoinen, pohjakosketus ilmenee haravaijerin etenemisen selvänä hidastumisena tai eteneminen pysähtyy kokonaan pohjavaijerin jäätyä matalaan kiinni. Vaijeriharan tarkkuus riippuu tällöin lähinnä siitä, miten aaltoilun ja vesikorkeuden vaihtelut on otettu huomioon haraa syvytettäessä.

Silloin kun matala on muodoltaan laakea ja suhteellisen sileäpintainen, ei haran etenemisessä tapahdu havaittavaa hidastumista pohjakosketuksen aikana vaan hara liukuu matalan yli. Tällöin haran ilmaisukyky riippuu lähinnä matalan aiheuttamista lippuviitan kallistumien havaittavuudesta.

Lippuviitan kallistumisen suuruus riippuu tällöin matalan korkeuserosta pohjavaijerin syvyytystason suhteen ja esteen kosketuskohdasta pohjavaijerissa. Kosketuskohdan sijaitessa pohjavaijerissa pohjapainojen välisen alueen keskiosalla, välittyy pohjakosketuksen aiheuttama liike huonoimmin lippuviittaan ja vastaavasti mitä lähempänä kosketuskohta on pohjapainoa sitä herkemmin aiheuttaa pohjavaijerin liike lippuviitan kallistumista. Pohjakosketuksen tapahtuessa pohjapainon kohdalla on matalan nostettava pohjavaijeria 0,3-0,8 m , jotta lippuviitan kallistuminen voidaan havaita selvästi.

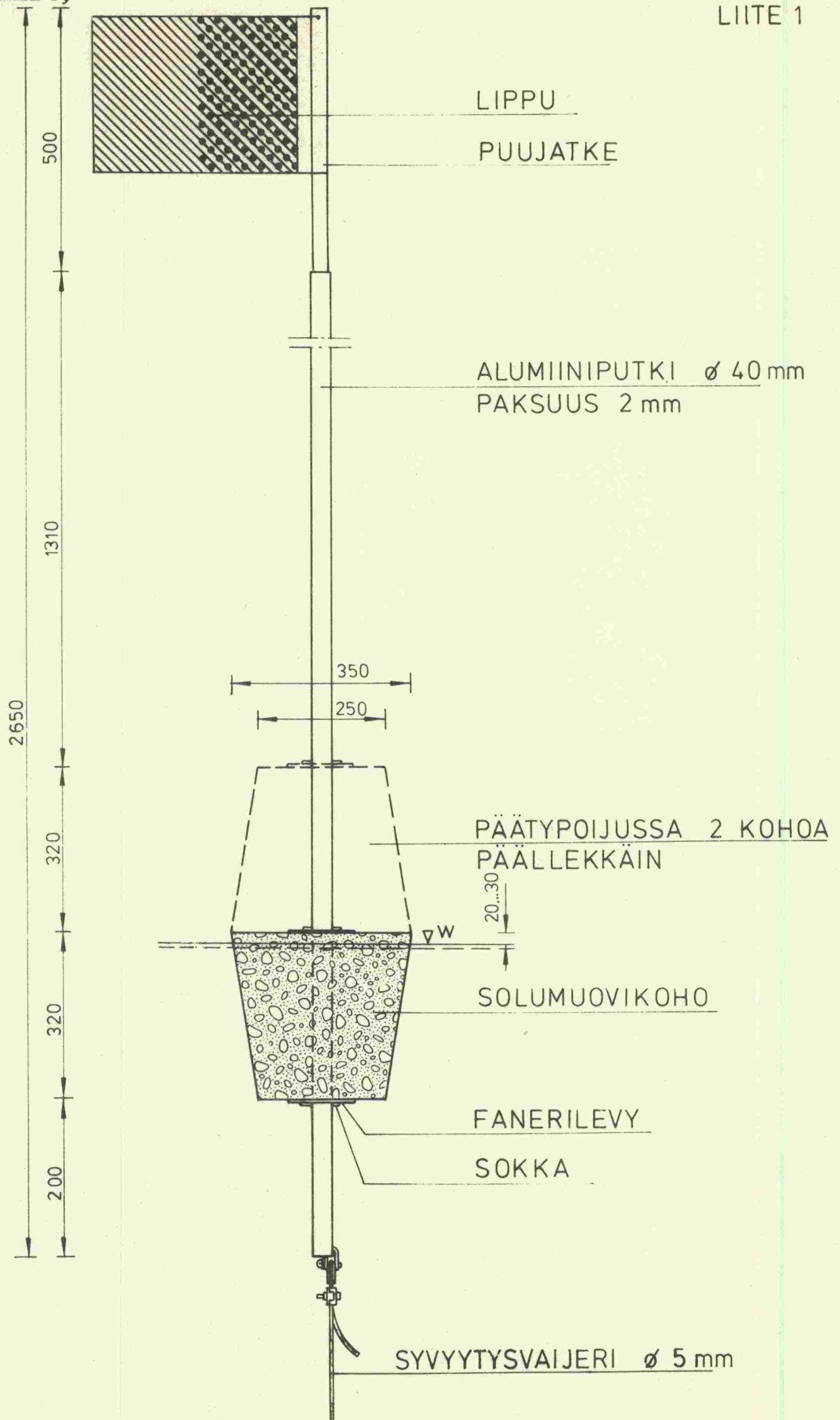


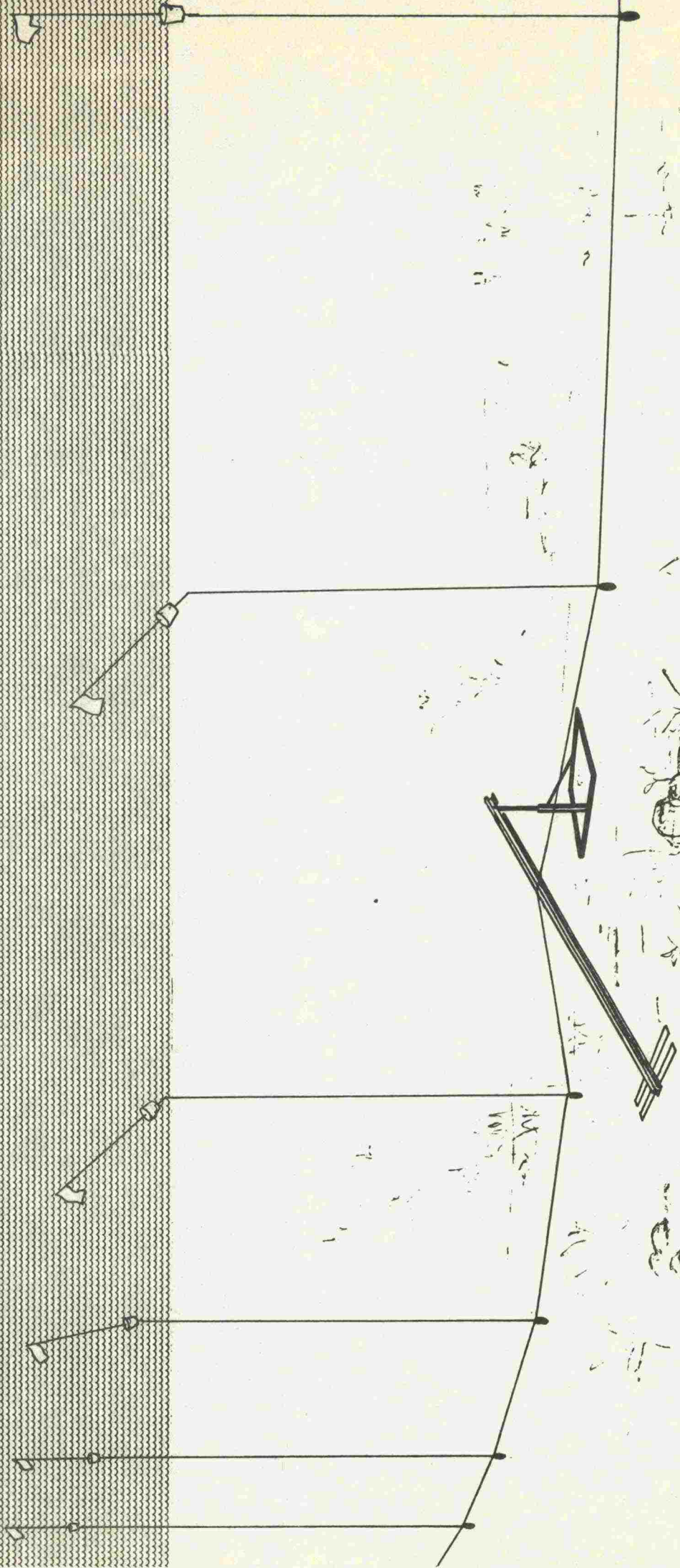
Pohjakosketuksen tapahtuessa pohjapainojen välisen alueen keskiosalla on lippuviittoja havaittavasti kallistavan pohjavaijerin nousun oltava 1,0-1,7 m kun lippuviittaväli on 10 m. Haran tarkkuus lisääntyy oleellisesti lippuviittaväliä pienennettäessä. Lippuviittavälin ollessa 5 m ja pohjakosketuksen tapahtuessa keskikentässä, on vastaavan pohjavaijerin nousun oltava 0,6-1,1 m.

Vaijeriharan tarkkuutta voidaan vielä lisätä korvaamalla pohjavaijeri jäykällä putkella. Alustavien tutkimusten mukaan tällaisen putkiharan avulla voidaan luotettavasti havaita 0,4-0,8 m haraustason yläpuolelle kohoava loivapiirteinenkin matala.

Tutkimuksen mukaan vaijerihara ja putkihara ovat tehokkaita ja suhteellisen helppokäyttöisiä harausvälineitä. Putkiharan käyttökelpoisuutta tulee kuitenkin kehittää mm. haran lasku- ja nostovaiheen helpottamisen ja sopivien putkimateriaalien suhteen. Matalan havaittavuus edellyttää harojen ylisyytytyksen määräksi ruoppausyvytyteen verrattuna 10 m:n lippuviittaväliä käytettäessä vähintään 1,0 m ja 5 m:n lippuviittavälillä 0,6 m sekä putkiharalla alustavasti 0,4 m.



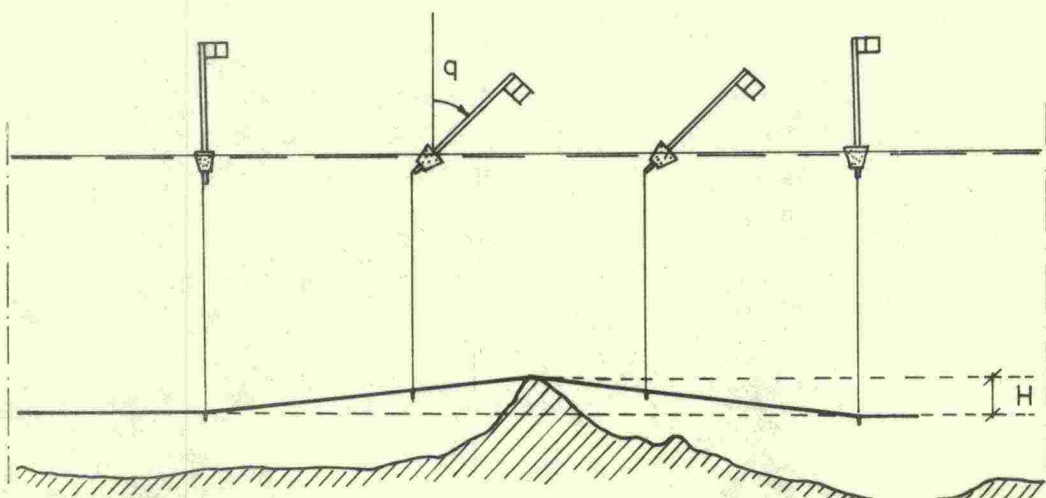
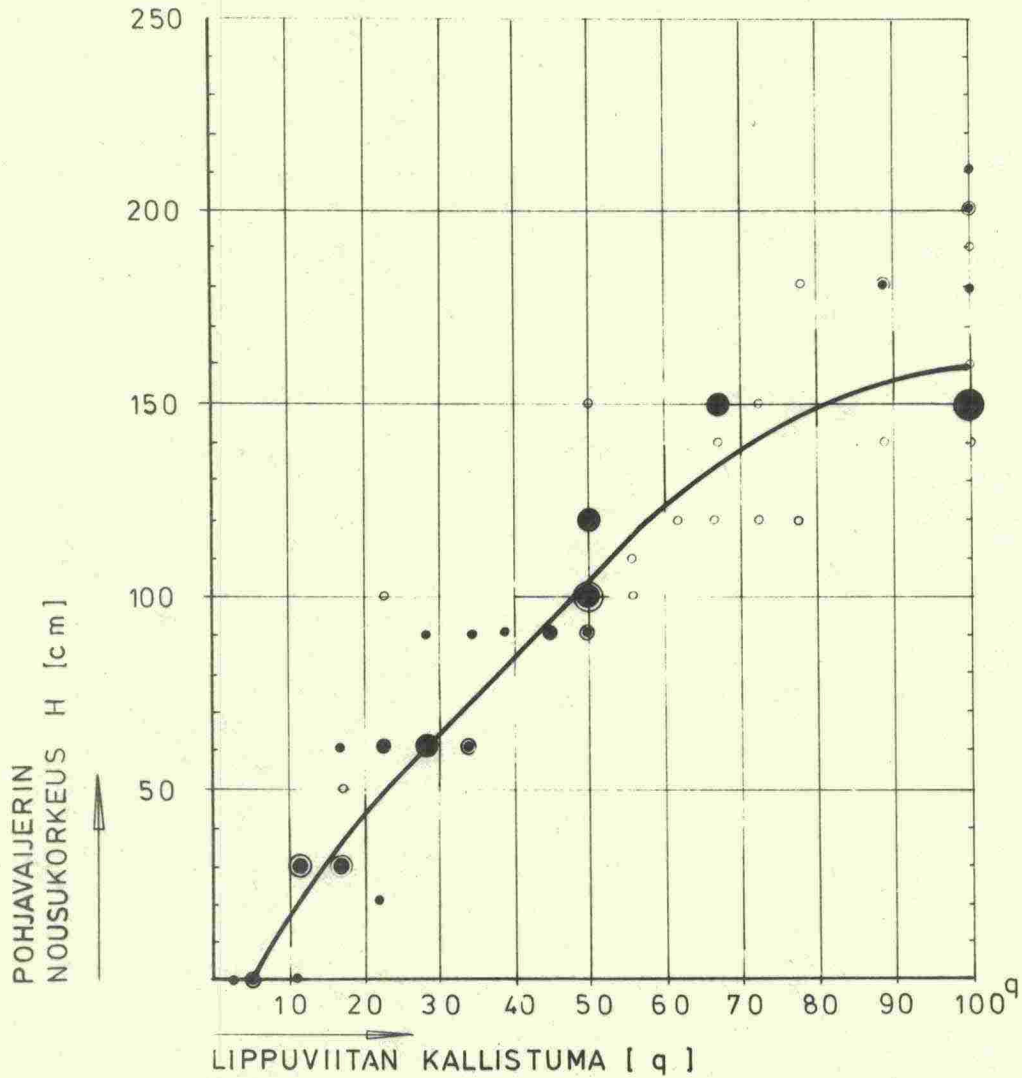






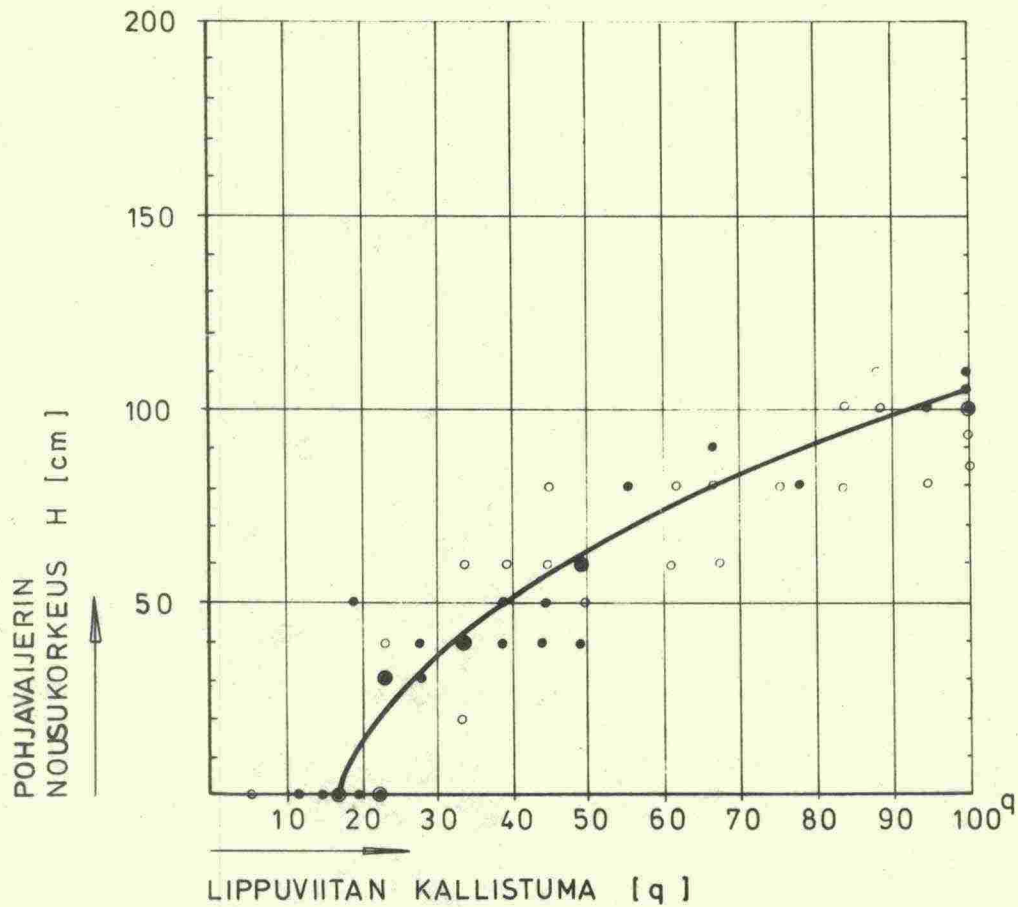
## LIPPUVIITAN KALTEVUUDEN JA POHJAVAIJERIN NOUSUN VÄLINEN RIIPPUVUUS

POHJAVAIJERIA NOSTETTU 10 m:n LIPPUVIITTAVALIN KESKIKOHDASTA

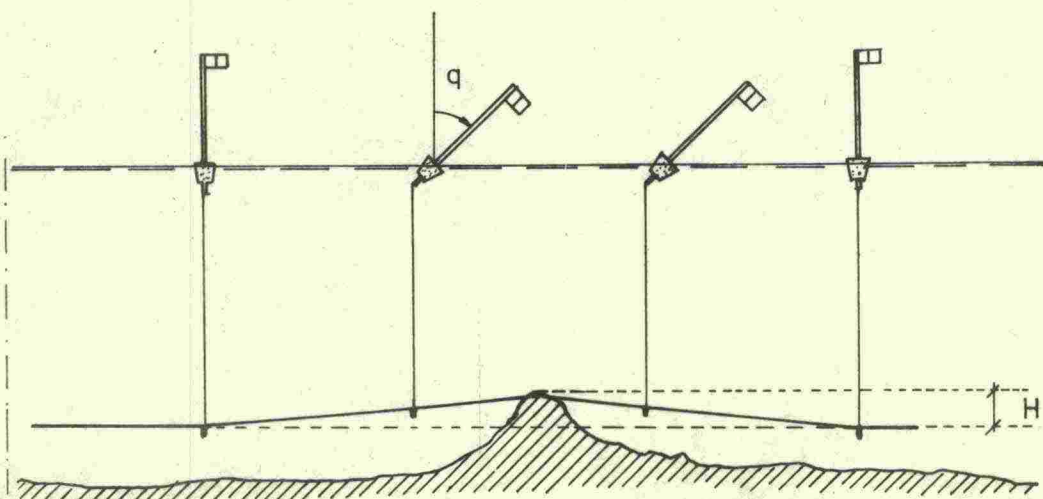


# LIPPUVIITAN KALTEVUUDEN JA POHJAVAIJERIN NOUSUN VÄLINEN RIIPPUVUUS

POHJAVAIJERIA NOSTETTU 5 m:n LIPPUVIITTAVALIN KESKIKOHDASTA



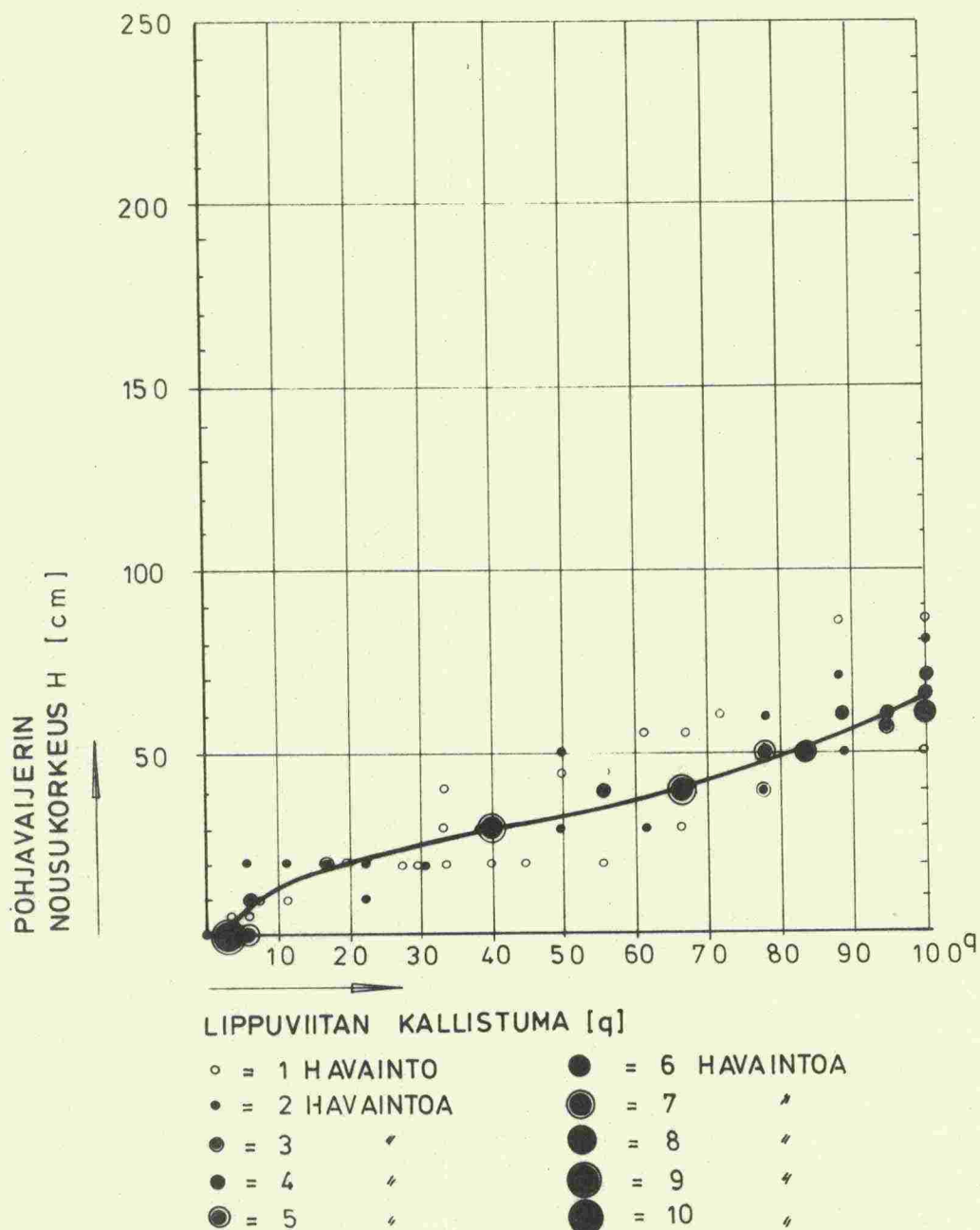
- = 1 HAVAINTO
- ◐ = 2 HAVAINTOA
- ◑ = 3 "
- = 4 "





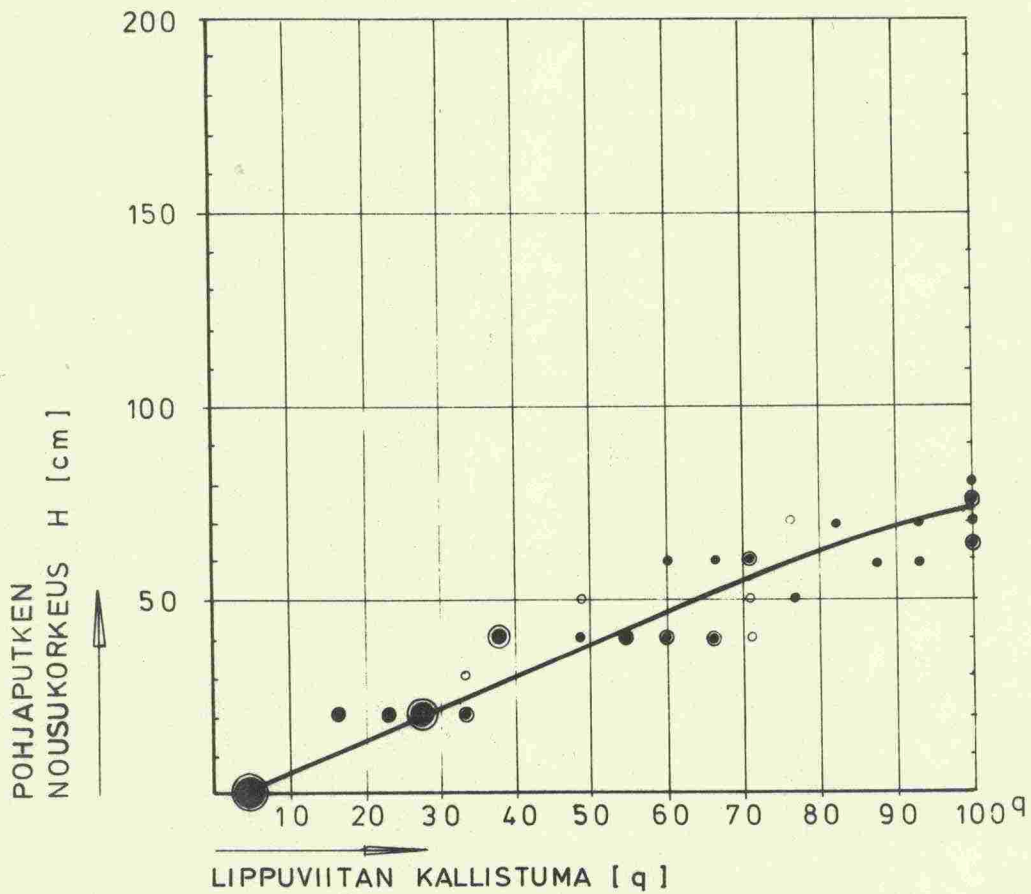
# YKSITTÄISEN LIPPUVIITAN KALTEVUUDEN JA POHJAVAIJERIN NOUSUN VÄLINEN RIIPPUVUUS

POHJAVAIJERIA NOSTETTU LIPPUVIITAN JA POHJAVAIJERIN KIINNITYSKOHDASTA

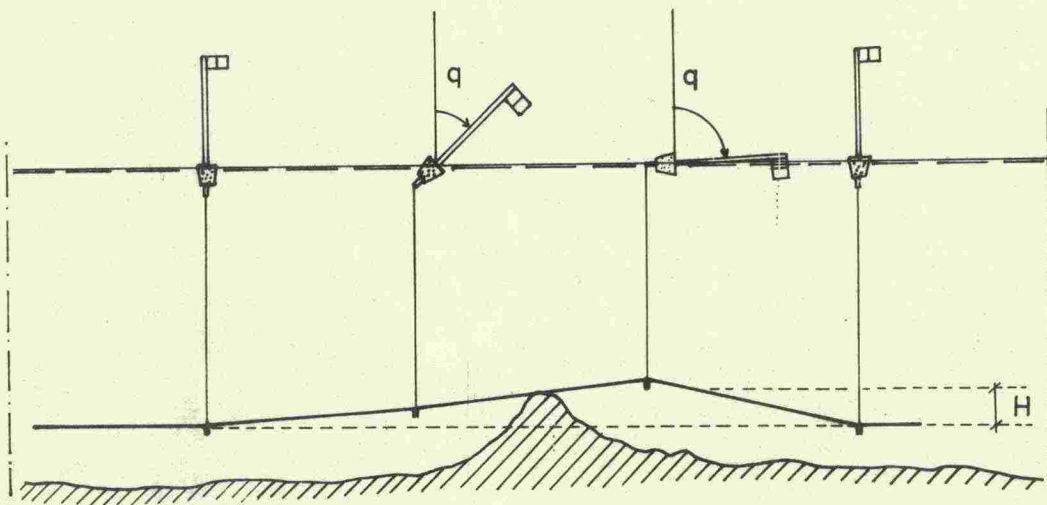


## LIPPUVIITAN KALTEVUUDEN JA POHJAPUTKEN NOUSUN VÄLINEN RIIPPUVUUS

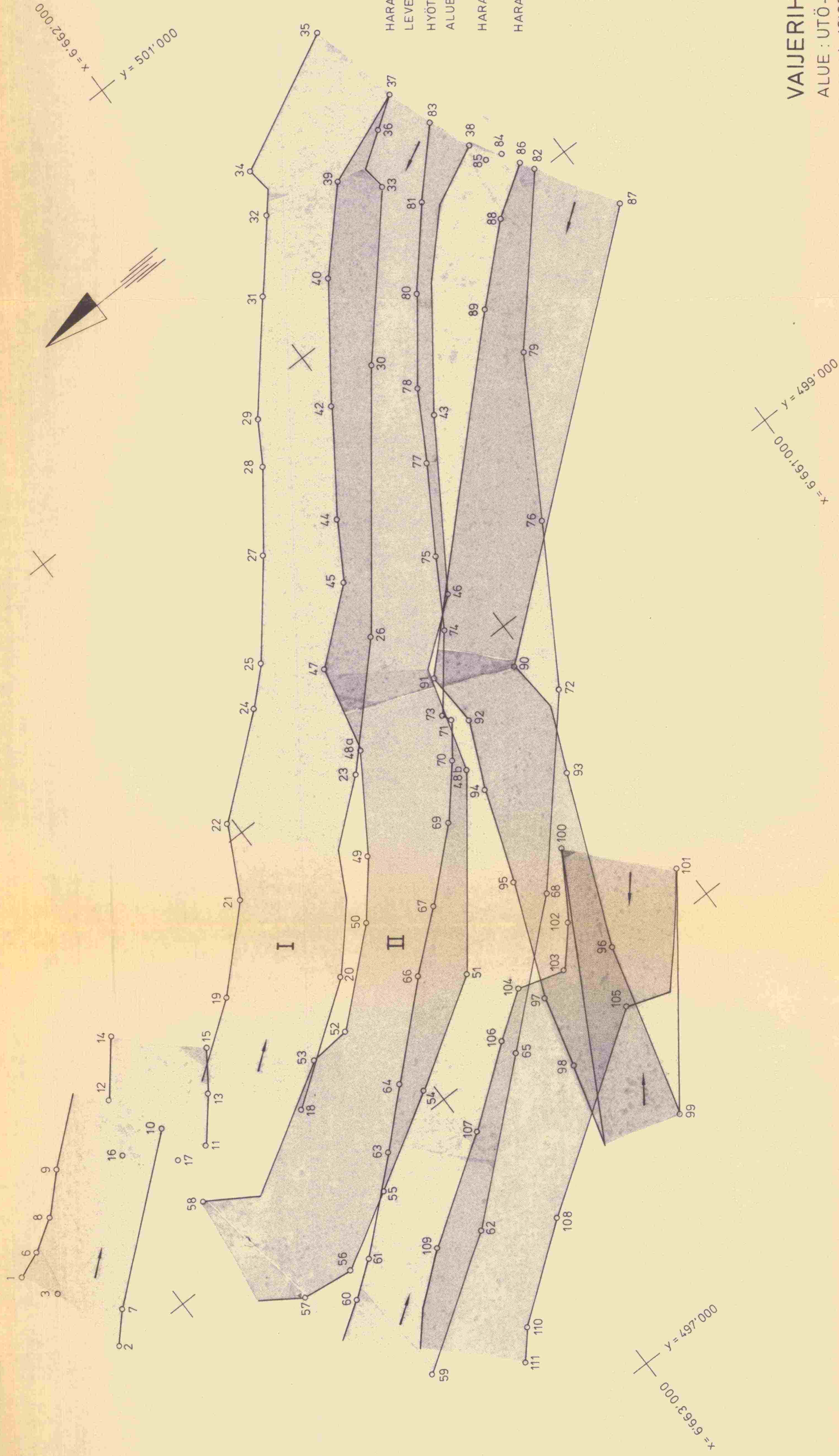
POHJAPUTKEA NOSTETTU 6 m:n LIPPUVIITTAVALIN KESKIKOHDASTA



- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| ○ = 1 HAVAINTO  | ● = 6 HAVAINTOA |
| • = 2 HAVAINTOA | ◐ = 7 "         |
| ◑ = 3 "         | ◒ = 8 "         |
| ◓ = 4 "         | ◔ = 9 "         |
| ◕ = 5 "         |                 |







HARATTU ALA ( HARAUSMATKA x HARAN KULKU-  
LEVEYS ) = 5.548 km<sup>2</sup>  
HYÖTYALA ( PAIKANTAMISLINJOJEN VÄLINEN  
ALUE — PEITTOALUEET ) = 3.915 km<sup>2</sup>

HARAUSTEHO = n. 70 %

HARAUSKENTTÄÄN JÄÄNEET AUKOT = 0.053 km<sup>2</sup>

**VAIJERIHARAUS**  
ALUE : UTÖ-ISKOKARI ( KIH DIN VÄYLÄ )  
1 : 10'000  
HARATTU 21.7.1975



# VAIJERIHARAUKSEN PÖYTÄKIRJA N:o 24 LIITE 8.1

Retkikunta: III MR Pvm 21.7 1975 Alue: Utö - Isokari (Kihti)

Klo	Vedenkorkeus	Sää	Mittausvene nimi	Veneen päällikkö	Vaijerihara
800	200	E-10/2.	Johtovene 20		Pituus 400 m
1600	201		Hinausvene 15		Hinausköyden pituus 150 "
			Hinausvene 17		Asetinsyvyys 13.0 "
			Apuvene		Lopullinen haraussyvyys 12.5 "

## Kiintopisteiden nimet ja lyhennykset

Nölstö	Nö	Närmaste	Legden	12527 var
Gustaf Dalen	GD			
Stora Bogskär	SB			
Adgrund yL	A			

N:o	Klo	Pisteet			Kulmat		Haran		Huomautuksia
		I	II	III	I	II	kulku-syvyys	varmis-tettu syv.	
1		SB	När	Nö	111	29 07 22			X = 666 4343, 554 Y = 49 8372, 935
2		Nö	GD	A	72	58 63 57			X = 666 4235, 088 Y = 49 8073, 313
3		"	"	"	81	00 59 04			X = 666 4288, 646 Y = 49 8263, 181
4		"	"	"	68	52 62 28			X = 666 4344, 300 Y = 49 8223, 189
5		"	"	"	69	10 61 45			X = 666 4361, 073 Y = 49 814, 837
6		"	"	"	84	09 57 18			X = 666 4264, 562 Y = 49 8390, 241
7		"	"	"	71	55 66 22			X = 666 4161, 787 Y = 49 8101, 997
8		"	"	"	11	52 61 26			X = 666 4168, 318 Y = 49 8458, 831
9		"	"	"	79	18 65 15			X = 666 4065, 718 Y = 49 8562, 764
10		"	"	"	55	21 88 40			X = 666 4732, 507 Y = 49 8458, 143
11		"	"	"	50	17 93 58			X = 666 4658, 265 Y = 49 8332, 072
12		"	"	"	63	03 14 07			X = 666 5812, 357 Y = 49 8623, 31
13		"	"	"	43	40 101 54			X = 666 554, 55 Y = 49 8451, 34
14		A	SB	När	67	12 88 48			X = 666 3686, 094 Y = 49 8765, 546
15		"	"	"	71	49 94 20			X = 666 3777, 512 Y = 49 8558, 922
16		"	"	"	64	08 103 09			X = 666 3876, 449 Y = 49 8465, 456
17		"	"	"	66	34 137 06			X = 666 3752, 893 Y = 49 8340, 695
18		"	"	"	75	28 104 13			X = 666 3355, 183 Y = 49 8218, 435
19		"	"	"	74	20 89 41			X = 666 3335, 765 Y = 49 8142, 373
20		"	"	"	82	02 59 37			X = 666 3021, 576 Y = 49 8477, 854
21		"	"	"	77	13 50 55			X = 666 3124, 526 Y = 49 8446, 461
22		"	"	GD	77	31 113 33			X = 666 3030, 081 Y = 49 8446, 571
23		"	"	"	85	56 106 08			X = 666 2625, 710 Y = 49 8925, 128
24		"	"	"	79	57 91 10			X = 666 2745, 760 Y = 49 9268, 727
25		"	"	"	80	27 84 58			X = 666 2104, 637 Y = 49 9360, 222
26		"	"	"	87	00 85 45			X = 666 2337, 132 Y = 49 9223, 983



*Järven*

Retkikunta: ..... Pvm 21 / 7 19... Alue: .....

Klo	Veden- korkeus	Saa	Mittausveneen nimi	Veneen päällikkö	Vaijerihara
			Johtovene		Pituus ..... m
			Hinausvene		Hinausköy- den pituus ..... "
			Hinausvene		Asetinsyvyys ..... "
			Apuvene		Lopullinen haraussyvyys ..... "

Kiintopisteiden nimet ja lyhennykset

<i>Legden</i>	<i>SB</i>	
<i>SB</i>	<i>SB</i>	
<i>SB</i>	<i>SB</i>	
<i>SB</i>	<i>SB</i>	

N:o	Klo	Pisteet			Kulmat		Haran		Huomautuksia
		I	II	III	I	II	kulku- syvyys	varmis- tetty syv.	
27		<i>SB</i>	<i>SB</i>	<i>SB</i>	<i>80° 9'</i>	<i>71° 9'</i>			<i>x = 666 2450,371</i> <i>y = 499 609,281</i>
28					<i>79 40</i>	<i>63 14</i>			<i>x = 666 2288,845</i> <i>y = 499 819,526</i>
29		<i>SB</i>	<i>SB</i>	<i>SB</i>	<i>59 24</i>	<i>45 40</i>			<i>x = 666 2220,1</i> <i>y = 499 939,069</i>
30		<i>SB</i>	<i>SB</i>	<i>SB</i>	<i>83 54</i>	<i>77 35</i>			<i>x = 666 1853,937</i> <i>y = 499 857,883</i>
31					<i>77 26</i>	<i>100 21</i>			<i>x = 666 1981,706</i> <i>y = 500 219,237</i>
32					<i>76 10</i>	<i>97 26</i>			<i>x = 666 1827,372</i> <i>y = 500 401,425</i>
33					<i>80 37</i>	<i>93 17</i>			<i>x = 666 1501,703</i> <i>y = 500 256,608</i>
34					<i>74 36</i>	<i>96 27</i>			<i>x = 666 1789,555</i> <i>y = 500 535,444</i>
35					<i>74 00</i>	<i>99 53</i>			<i>x = 666 1376,49</i> <i>y = 500 741,63</i>
36					<i>79 00</i>	<i>91 35</i>			<i>x = 666 1412,953</i> <i>y = 500 295,453</i>
37					<i>78 00</i>	<i>91 36</i>			<i>x = 666 1423,471</i> <i>y = 500 456,217</i>
38					<i>83 30</i>	<i>89 12</i>			<i>x = 666 1218,619</i> <i>y = 500 191,588</i>
39					<i>78 51</i>	<i>94 18</i>			<i>x = 666 1598,569</i> <i>y = 500 347,020</i>
40					<i>80 10</i>	<i>92 45</i>			<i>x = 666 1795,203</i> <i>y = 500 139,128</i>
41		<i>SB</i>	<i>SB</i>	<i>SB</i>	<i>81 27</i>	<i>57 04</i>			<i>x = 666 2305,334</i> <i>y = 49 9667,853</i>
42					<i>82 25</i>	<i>61 53</i>			<i>x = 666 2022,957</i> <i>y = 499 836,200</i>
43					<i>88 18</i>	<i>65 50</i>			<i>x = 666 1790,631</i> <i>y = 499 623,075</i>
44					<i>84 06</i>	<i>71 37</i>			<i>x = 666 2212,007</i> <i>y = 499 560,573</i>
45					<i>85 00</i>	<i>109 00</i>			<i>x = 666 2353,50</i> <i>y = 499 995,14</i>
46					<i>91 46</i>	<i>105 00</i>			<i>x = 666 2078,193</i> <i>y = 499 175,423</i>
47					<i>84 06</i>	<i>113 39</i>			<i>x = 666 2513,514</i> <i>y = 499 232,105</i>
48					<i>86 16</i>	<i>70 53</i>			<i>x = 666 2591,7644</i> <i>y = 498 976,755</i>
48 <sup>2</sup>					<i>93 48</i>	<i>71 51</i>			<i>x = 666 2353,233</i> <i>y = 498 733,540</i>
49					<i>86 00</i>	<i>78 55</i>			<i>x = 666 2745,288</i> <i>y = 498 708,108</i>
50					<i>84 47</i>	<i>89 37</i>			<i>x = 666 2871,920</i> <i>y = 498 558,843</i>
51					<i>91 28</i>	<i>88 46</i>			<i>x = 666 2721,797</i> <i>y = 498 251,634</i>



*J. Thore*

# VAIJERIHARAUKSEN PÖYTÄKIRJA N:o

24

LIITE 8.3

Retkikunta:

Pvm 21. 7. 19

Alue:

Klo	Veden- korkeus	Sää	Mittausveneiden nimi	Veneen päällikkö	Vaijerihara
			Johtovene		Pituus m
			Hinausvene		Hinausköy- den pituus "
			Hinausvene		Asetinsyvyys "
			Apuvene		Lopullinen haraussyvyys "

## Kiintopisteiden nimet ja lyhennykset

N:o	Klo	Pisteet			Kulmat		Haran		Huomautuksia
		I	II	III	I	II	kulku- syvyys	varmis- tettu syv.	
52		FJ	SB	Nä	80°	46° 35'			x= 666 3118, 720 y= 498 339, 859
53		"	"	"	78	00 98 09			x= 666 3235, 825 y= 498 336, 594
54		"	"	"	84	36 102 11			x= 666 3035, 539 y= 498 057, 321
55		"	"	"	77	15 116 00			x= 666 3315, 150 y= 497 094, 308
56		Nä	SB	Nä	70	24 90 28			x= 666 3536, 768 y= 497 769, 478
57		"	"	"	75	53 84 52			x= 666 3694, 364 y= 497 707, 575
58		"	"	"	94	08 85 36			x= 666 3704, 639 y= 49 8206, 923
59		"	"	"	60	07 85 07			x= 666 3520, 868 y= 49 7370, 196
60		"	"	"	69	15 87 57			x= 666 3575, 380 y= 49 7066, 151
61		"	"	"	68	07 92 44			x= 666 3481, 957 y= 49 7760, 079
62		Nä	SB	Nä	82	30 120 20			x= 666 3152, 462 y= 49 7620, 190
63		"	"	"	79	22 110 23			x= 666 3231, 622 y= 49 7778, 900
64		"	"	"	83	06 101 29			x= 666 3077, 647 y= 498 117, 684
65		"	"	"	73	44 95 47			x= 666 2744, 610 y= 49 7975, 323
66		"	"	"	87	35 89 28			x= 666 2840, 091 y= 49 8338, 857
67		"	"	"	90	07 82 47			x= 666 2676, 024 y= 498 473, 754
68		"	"	"	77	37 77 43			x= 666 2382, 592 y= 498 294, 416
69		"	"	"	72	14 75 50			x= 666 2487, 824 y= 498 639, 948
70		"	"	"	92	42 71 17			x= 666 2367, 694 y= 498 782, 578
71		"	"	"	72	45 68 38			x= 666 2293, 723 y= 498 875, 428
72		"	"	"	100	45 65 19			x= 666 1978, 041 y= 49 8727, 532
73		"	"	"	92	00 68 33			x= 666 2344, 212 y= 498 700, 498
74		"	"	SB	91	45 86 31			x= 666 2155, 209 y= 499 098, 978
75		"	"	"	90	33 78 18			x= 666 2039, 415 y= 49 9287, 983
76		"	"	"	97	07 75 46			x= 666 1748, 265 y= 49 9175, 677
77		"	"	"	88	43 69 30			x= 666 1893, 369 y= 49 9523, 388



Utsa

VAIJERIHARAUKSEN PÖYTÄKIRJA N:o

24

LIITE 8.4

Retkikunta:

Pvm

21/7 1975

Alue:

Klo	Veden- korkeus	Sää	Mittausveneen nimi	Veneen päällikkö	Vaijerihars
			Johtovene		Pituus .....
			Hinausvene		Hinausköy- den pituus .....
			Hinausvene		Asotussyvyys .....
			Apuvene		Lopullinen haraussyvyys .....

Klintonpisteiden nimet ja lyhennykset

N:o	Klo	Pisteet			Kulmat		Haran		Huomautuksia
		I	II	III	I	II	kulku- syvyys	varmis- tettu syv.	
78		HL	SB	SD	86° 51'	63° 26'			x= 666 1751, 793 y= 499 717, 227
79		"	"	"	92 10	62 47			x= 666 1458, 106 y= 499 8607, 268
80		"	"	"	84 51	57 11			x= 666 1609, 975 y= 499 9941, 737
81		"	"	"	82 53	59 22			x= 666 1434, 962 y= 500 145, 036
82		"	"	"	87 20	52 34			x= 666 1097, 754 y= 500 019, 561
83		"	"	"	81 02	48 46			x= 666 1269, 441 y= 500 319, 960
84		"	"	"	85 20	57 28			x= 666 1148, 527 y= 500 111, 577
85		"	"	"	84 44	7 33			x= 666 1204, 620 y= 500 126, 096
86		"	"	"	86 27	52 10			x= 666 1126, 369 y= 500 057, 634
87		"	"	"	92 52	55 05			x= 666 0963, 036 y= 499 778, 918
88		"	"	"	87 15	54 41			x= 666 1272, 180 y= 499 960, 757
89		"	"	"	88 52	59 35			x= 666 1476, 933 y= 499 977, 618
90		"	"	När	96 55	64 48			x= 666 2053, 402 y= 499 8828, 543
91		"	"	"	91 17	66 14			x= 666 2266, 417 y= 499 906, 736
92		"	"	"	94 50	68 34			x= 666 2254, 994 y= 499 840, 714
93		"	"	"	101 45	70 23			x= 666 2115, 703 y= 499 8540, 097
94		"	"	"	95 08	73 10			x= 666 2342, 478 y= 499 8657, 582
95		"	"	"	86 55	79 33			x= 666 2432, 968 y= 499 380, 995
96		"	"	"	105 10	82 04			x= 666 2323, 506 y= 499 8047, 587
97		"	"	"	97 55	89 08			x= 666 2574, 060 y= 499 8050, 294
98		"	"	"	98 56	95 13			x= 666 2624, 442 y= 499 8334, 256
99		"	"	"	109 09	94 21			x= 666 2464, 211 y= 499 8532, 515
100		"	"	"	101 12	76 42			x= 666 2265, 638 y= 499 374, 703
101		"	"	"	112 03	73 24			x= 666 2026, 071 y= 499 8111, 801
102		"	"	"	101 51	81 33			x= 666 2385, 669 y= 499 8187, 346
103		"	"	"	100 09	85 57			x= 666 2481, 470 y= 499 680, 593



*Posten*

# VAIJERIHARAUKSEN PÖYTÄKIRJA N:o 24 LIITE 8.5

Retkikunta: \_\_\_\_\_ Pvm 21.7 1975 Alue: \_\_\_\_\_

Klo	Veden- korkeus	Sää	Mittausvene nimi	Veneen päällikkö	Vaijerihara
			Johtovene		Pituus .....
			Hinausvene		Hinausköy- den pituus .....
			Hinausvene		Asetinsyvyys .....
			Apuvene		Lopullinen hinaussyvyys .....

Kiintopisteiden nimet ja lyhennykset

N:o	Klo	Pisteet			Kulmat		Haran		Huomautuksia
		I	II	III	I	II	kulku- syvyys	varmis- tetty syv.	
104		A	SB	Näi	85°	45'	89°	58'	x= 6662618.391 y= 498120.547
105		"	"	"	105	46	86	48	x= 6662397.611 y= 497878.744
106		"	"	"	92	41	95	02	x= 6662761.494 y= 498029.666
107		"	"	"	87	24	106	22	x= 6662979.603 y= 497860.160
108		"	"	"	90	10	115	22	x= 6662945.143 y= 497510.337
109		"	"	"	78	00	123	57	x= 6663288.884 y= 497662.935
110		Nö2	GD	A	36	45	92	40	x= 6663217.80 y= 497304.06
111		"	"	"	38	35	89	34	x= 6663289.75 y= 497223.59

Käytetyt kiintopisteet:

Stora Botsbär	x= 6666677.29 y= 496008.30
Gustaf Dalen	x= 6663730.90 y= 499267.50
Nölstö	x= 6670854.402 y= 503401.312
Ädgrund (linja- taulu)	x= 6657668.74 y= 498481.38
Närmaste Legden no: 527	x= 6665275.61 y= 498145.94



= YHDESTÄ VALOKUVASTA MITATTU  
VAIJERIHARAN LIPPUVIITTOJEN KALLISTUSTEN  
VAIHTELUALUE JA KESKIARVO TUULEN  
NOPEUDEN JA SUUNNAN SUHTEN

VAIJERIHARAUS	LIPPUVIITTOJEN POIKKEAMAT PYSTYTASON (0°) SUHTEN				
	HARAUSSUUNTA →	VIITAN KALLISTUS TAAKSEPÄIN		VIITAN KALLISTUS ETEENP.	
		-20°	-10°	0°	+10° +20°
17.8.1977 AALLOT: KORKEUS h=10-20cm PITUUS l=~5 m TUULI: 3 SOLMUA=1.5 m/s VASTAINEN				1. KUVA 2. KUVA 3. KUVA	MAX. KALLISTUS = 14.9°
18.8.1977 AALLOT: h <sub>kesk.</sub> = 50 cm h <sub>min.</sub> = 20-30 cm h <sub>max.</sub> = 80-100 cm l = ~10-15 m TUULI: 10 SOLMUA = ~5.2 m/s VASTAINEN					24.9°
18.8.1977 AALLOT: h <sub>kesk.</sub> = 50 cm h <sub>min.</sub> = 20-30 cm h <sub>max.</sub> = 80-100 cm l = ~10-15 m TUULI: 10 SOLMUA = ~5.2 m/s MYÖTÄINEN					15.9°
23.8.1977 AALLOT: merkitsevä aallonkorkeus = 14 cm h <sub>kesk.</sub> = 10 cm l = ~4-5 m TUULI: 2 SOLMUA = ~1.0 m/s VASTAINEN					10.9°
8.9.1977 AALLOT: merkitsevä aallonkorkeus = 29 cm h <sub>kesk.</sub> = 21 cm h <sub>min.</sub> = 10 cm h <sub>max.</sub> = 40 cm PITUUS l = ~5 m TUULI: 9 SOLMUA = ~4.7 m/s MYÖTÄINEN					11.9°
8.9.1977 AALLOT: KUIN YLLÄ TUULI: 9 SOLMUA = ~4.7 m/s VASTAINEN					20.9°



POIJUN KORDISTUVA PAINO

Alonopeus 0,1... 1 m/s

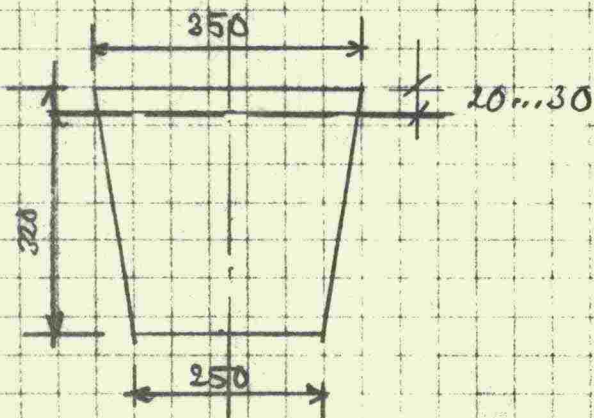
Pojun tilavuus

$$V_{\text{max}} = \frac{\pi \cdot 3,2}{12} (2,5^2 + 2,5 \cdot 3,5 + 3,5^2) = 22,8 \text{ l}$$

Pohjapaino 15 kg  
Lippuviitta 5 kg } = 20 kg

StyroX - poiju on lähes kolmion muotoisessa

(Ylimäikeistä nostetta töyfetä"virsi 2...3 kp)



Virtausa vastaraho poitti-  
pinta - ala

$$A_v = (0,25 + 0,34) \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,3 = 0,0885 \text{ m}^2$$

RIL 59e mukaan

$$P = k A v^2 \text{ [kW]}$$

$$k = 0,8$$

v = 0,1  
0,2  
0,3  
0,4  
0,5  
0,6  
0,7  
0,8  
0,9  
1,0

P = 0,071 kp  
0,283 "  
0,637 "  
1,133 "  
1,77 "  
2,55 "  
3,45 "  
4,53 "  
5,73 "  
7,08 "



# HARAN MUOTO VEDON ALKANA

## PERUSMUOTONA PARABELI

Haravaijeriin, syvyysvaijeriin ja lippavaijeriin kahdistuva virtausvastus olekseen vaijerin toisen jatkautuessa harauslevydelle. Vaijerin muoto on parabeli.

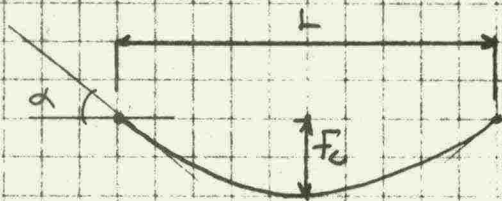
$$\lambda = \frac{3}{2} \left( \frac{S}{L} - 1 \right)$$

$$S = 400 \text{ m} \quad L = 300 \dots 400 \text{ m}$$

$$\frac{2 \cdot f_c}{L} = \sqrt{1 + \frac{3\lambda}{10} - \frac{159\lambda^2}{1400} + \frac{5111\lambda^3}{42000}}$$

$$H_g = \frac{g_1 \cdot L^2}{8 f_c}$$

$$\tan \alpha = \frac{4 f_c}{L}$$



Vaijerin pituus = S  
harauslevyys = L

$H_g$  = vaijerivolumen  
vakiokomponentti

$g_1$  = kuormitus

L	$\lambda$	$f_c$	$\alpha^\circ$	$H_g$
300	0,5	120,6	58,1	$93,3 \cdot g_1$
320	0,375	108,1	53,5	$118,4 \cdot g_1$
340	0,2647	94,6	48,1	$152,7 \cdot g_1$
360	0,1667	77,0	40,5	$210,5 \cdot g_1$
380	0,07895	54,6	29,9	$330,6 \cdot g_1$



HARAAAN KOHDISTUVAT PAINHEET

Hittauselin on todettu seuraavat etenemisnopeudet

1.	0,45	m/s
2.	0,52	"
3.	0,42	"
4.	0,51	"
5.	0,56	"
6.	0,56	"
7.	0,72	"
8.	0,51	"

$$v_m = 0,531 \text{ m/s}$$

$$\Delta v_1 = 0,45 - v_m \text{ juu.}$$

$$s = \sqrt{\frac{\Delta v_1^2 + \Delta v_2^2 + \dots + \Delta v_8^2}{7}} = 0,09 \text{ m/s}$$

$$v = 0,48 \text{ m/s} \dots 0,58 \text{ m/s} \quad \text{teräshajonta huomioituna}$$

$$(v = 0,933 \dots 1,13 \text{ solmua})$$

Lippuviittaan kohdistuva voima:

$v = 0,48 \text{ m/s}$	$P = 1,6 \text{ kp}$	$\therefore 65,6 \text{ kp}$
$v = 0,53 \text{ "}$	$= 2,0 \text{ "}$	$82,0 \text{ "}$
$v = 0,58 \text{ "}$	$= 2,4 \text{ "}$	$98,4 \text{ "}$

Vaijerisiin kohdistuvat voimat

- Syvyysvaijeri 13m,  $\phi 5$ , lippuviittajo 41 kpl

$$A_v = 13 \times 41 \times 0,005 = 2,67 \text{ m}^2$$

$$13 \times 31 \times 0,005 =$$

$v = 0,48 \text{ m/s}$	$P = 49,1 \text{ kp}$
$v = 0,53 \text{ m/s}$	$59,9 \text{ "}$
$v = 0,58 \text{ m/s}$	$71,7 \text{ "}$



- Hõrussaijeri  $\phi 5$  hõrussaijeri varheler.

$$A_v = 0,005 \times 100 = 0,5 \text{ m}^2$$

$$v = 0,48 \text{ m/s}$$

$$p = 9,2 \text{ kp / 100 m}$$

$$v = 0,53 \text{ "}$$

$$11,2 \text{ "}$$

$$v = 0,58 \text{ "}$$

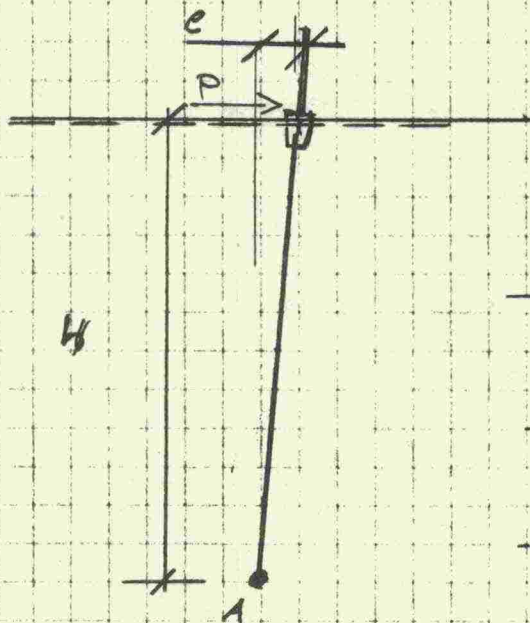
$$13,5 \text{ "}$$

Vaijerivoiman		vaata komponenid			eri filen teema
L	v	$\Sigma P$	$g_1$	$H_g$	D
300	0,48	142,3	0,474	44,3	83,8
	0,53	175,5	0,585	54,6	103,3
	0,58	210,6	0,702	65,5	124,0
320	0,48	144,1	0,450	53,3	89,6
	0,53	177,7	0,555	65,8	110,6
	0,58	213,3	0,667	78,9	132,7
340	0,48	146,0	0,429	65,6	98,1
	0,53	180,0	0,529	80,8	120,9
	0,58	216,0	0,635	97,0	145,2
360	0,48	147,8	0,411	86,4	113,7
	0,53	182,2	0,506	106,5	140,1
	0,58	218,7	0,608	127,9	168,3
380	0,48	149,7	0,394	120,2	150,2
	0,53	184,5	0,485	160,5	185,5
	0,58	221,4	0,583	192,6	222,1



Lippuviitan kalliistuminen kerauksen aikana.

$Z = 15 \text{ kp}$  (pohjapaino)



H/m	P/kp	e/m
10	1,6	1,05
	2,0	1,35
	2,4	1,60
11	1,6	1,20
	2,0	1,45
	2,4	1,75
12	1,6	1,30
	2,0	1,60
	2,4	1,90
13	1,6	1,40
	2,0	1,75
	2,4	2,10

Kalliistuman taltia kerauksen jälkeen

$$H = 11 \text{ m} \rightarrow sh = 66 \dots 140 \text{ mm}$$

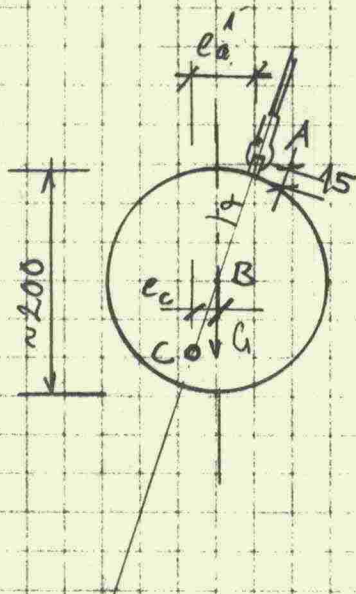
$$12 \text{ m} \rightarrow sh = 71 \dots 151 \text{ mm}$$

$$13 \text{ m} \rightarrow sh = 76 \dots 170 \text{ mm}$$



POHJAPÄINÖN ASENTO VEDON AIKANA

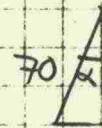
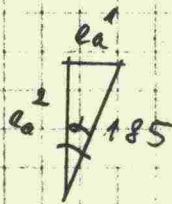
1. Pohjapäinä



Pistessä A vaikuttavat voimat:

$$V = 15 \text{ kN}$$

$$H = 1,6 \dots 2,0 \dots 2,4 \text{ kN}$$



Momentti-olosuhteet pisteessä C:

$$M_C = V \cdot e_a^1 - H \cdot e_a^2 - G \cdot e_c = 0$$

$$= 15 \cdot 185 \cdot \sin \alpha - H \cdot 185 \cdot \cos \alpha - 15 \cdot 70 \cdot \sin \alpha = 0$$

$$= 2775 \sin \alpha - H \cdot 185 \cos \alpha - 1050 \sin \alpha = 0$$

$$= 1725 \sin \alpha = H \cdot 185 \cos \alpha \quad | : \cos \alpha$$

$$1725 \tan \alpha = H \cdot 185$$

$$\tan \alpha = \frac{185 \cdot H}{1725}$$

$$\tan \alpha = 0,1072 \cdot H$$

$$H = 1,6 \text{ kN}$$

$$\alpha = 9,7^\circ$$

$$= 2,0 \text{ kN}$$

$$= 12,1^\circ$$

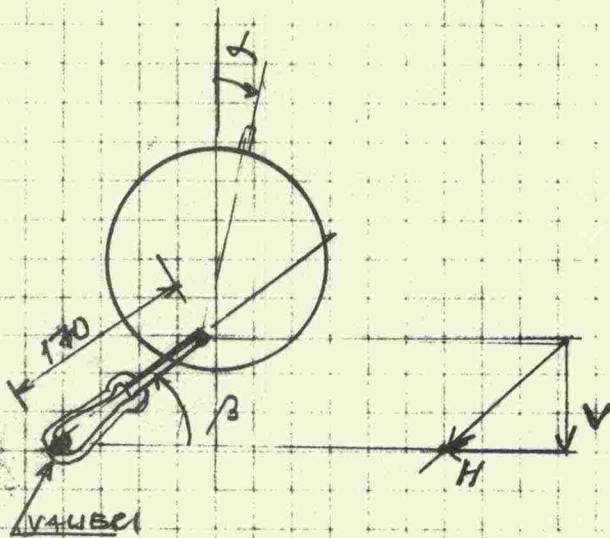
$$= 2,4 \text{ kN}$$

$$= 14,4^\circ$$

Nopeusarsta riippuen on pohjapäinän kallistuma  $9 \dots 15^\circ$



## 2. Horacurvaijeri



$$H = 1,6 \dots 2,0 \dots 2,4 \text{ kp}$$

$$V \approx 0,8 \text{ kp (arvio)}$$

Arvioidella horacurvaijerin painolla kulma  $\beta$  vaihtelee välillä

$$\beta = 26,6^\circ$$

$$H = 1,6 \text{ kp}$$

$$= 21,8^\circ$$

$$H = 2,0 \text{ kp}$$

$$= 18,4^\circ$$

$$H = 2,4 \text{ kp}$$

vesteavasti alakiinnitteen pituus 200 mm

vesteava korkeusmitta on:

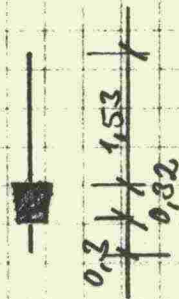
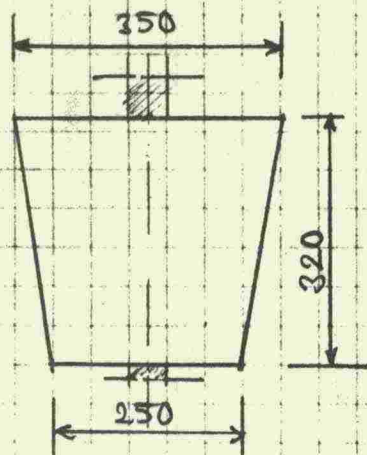
$$90 \text{ mm} \dots 75 \text{ mm} \dots 60 \text{ mm} \quad \text{ts.}$$

vetovaijeri sijaitsee painon kohdalla vain.

60...30 mm alempana kuin paino



# LIPPUVLITAN STABILITEETTI



- teräsputki  $t = 2 \text{ mm}$   $\phi = 40$   $g = 1,874 \text{ kg/m}$   
 $L = 1,53 + 0,32 + 0,3 = 2,15$   $G = 4,03 \text{ kg}$

- kelluke  $V \approx 23 \text{ l}$   $g = 0,7 \text{ kg}$

$$h_s = \frac{0,32}{4} \frac{0,175^2 + 2 \cdot 0,175 \cdot 0,125 + 3 \cdot 0,125^2}{0,175^2 + 0,175 \cdot 0,125 + 0,125^2} = 0,142 \text{ m}$$

$$h'_s = 320 - 142 = 178 \text{ mm}$$

$$h_m = \frac{I_0}{D} - e \geq 0 \quad \frac{I_0}{D} > e$$

Pystyasennossa  $D = 20 \text{ l}$   $I_0 = 6,56$

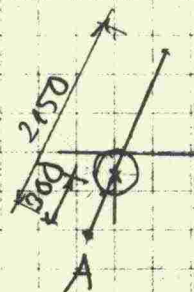
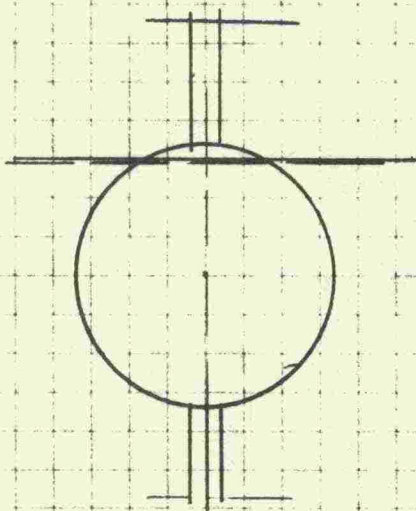
$$e \leq 0,33 \text{ dm} = 33 \text{ mm}$$

$\therefore$  Ilmeisen syvyyssuivierissa vallitsevaa vetoa  
 poika on käytännössä aina epästabiili.



Korvikelaisten teema pallo:

$$V = 23 \text{ l} = \frac{\pi d^3}{6} \Rightarrow d = 3,5 \text{ dm} \quad 350 \text{ mm}$$



$$G = 5 \text{ kg}$$

$$z_{\text{max}} = 15 \text{ kg}$$

- Jos kallistuma  $20^\circ$ , vaikeuttaa täyri veto

$$M_k = 5 \text{ kg} \cdot 1,075 \cdot \sin 20^\circ = 1,84 \text{ kgm}$$

$$M_T = 20 \text{ kg} \cdot 0,475 \cdot \sin 20^\circ = 3,25 \text{ kgm} > M_k \therefore \text{stabiili}$$

- Noite 12 kg ( $\frac{1}{2}$  pelloa vederrä)  $z = 12 - 5 = 7 \text{ kg}$



$$M_k = 1,075 \cdot 5 = 5,375 \text{ kgm}$$

$$M_T = 0,475 \cdot 12 = 5,7 \text{ kgm}$$

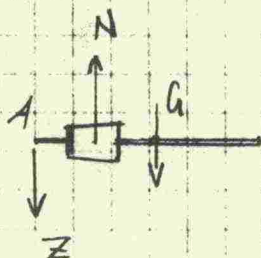
Tasapaino tilen-kerre  $z = 6,3 \text{ kg}$  ja noite 11,3 kg



Tasapainotilan tseen vetovoiman  $Z$  tarkistus

$$G = 4,03 + 0,7 = 4,73 \text{ kp}$$

$$e_{pp} = \frac{1,075 \cdot 4,03 + 0,478 \cdot 0,7}{4,73} = 0,99 \text{ m}$$



$$\text{nosto} = N = Z + G$$

$$\text{Arvion mukaan } Z = 6,3 \text{ kp}$$

$$N = 6,3 + 4,7 = 11 \text{ kp}$$

$$M_A = -4,73 \cdot 0,99 + 11 \cdot 0,478 = +0,58 \text{ kpm} \quad \therefore$$

viitta pyrkii nousuun ylös, jos voima  $Z = 6,3 \text{ kp}$

Tasapainotilanne saavutetaan kun  $M_A = 0$ ,

silloin voiman  $N$  etäisyys on  $0,425 \text{ m}$  ts.

keuhkujen vedenpinnan suhteen  $10...20^\circ$

Todellinen viitta on vaaka-suorassa

asennossa kun  $Z = 5,1 \text{ kp}$  ( $N = 9,8 \text{ kp}$ )

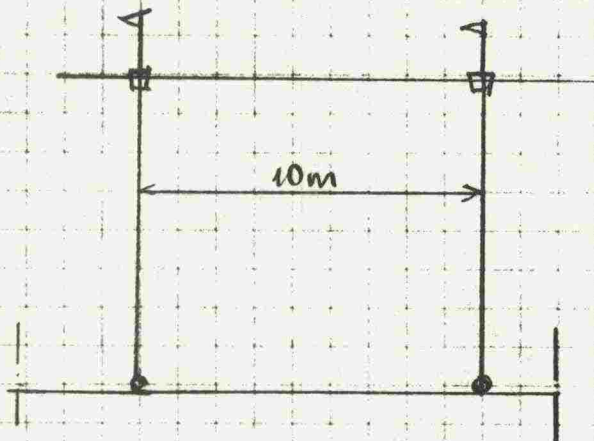
mutta voiman lisääntyminen  $6,3 \text{ kp}$ :iin

aiheuttaa vain pienen kallistuman.

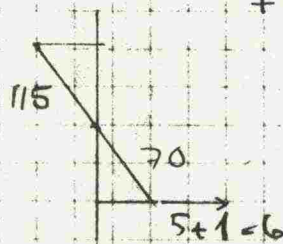
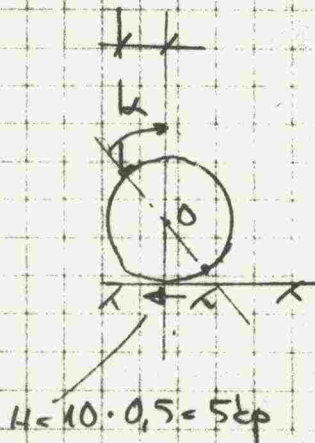


# PORRAKOSKETUKSET

## 1. KOSKETUS PÄINON KOHDALLA



Lippuviitan stabiiliiteetti on kokonaan menetetty  
kun  $z = 5,1 \text{ kp}$  ts. pohjapinnan on  
kevennyttävä  $\approx 15 - 5 = 10 \text{ kp}$  ,  $H = 1 \text{ kp}$

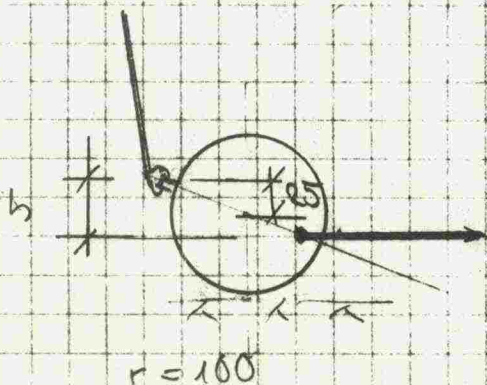


$$M_0 = 5,1 \cdot \sin \alpha \cdot 115 - 1,0 \cdot \cos \alpha \cdot 115 + 50 \cdot 100 - 6,0 \cdot \cos \alpha \cdot 70 = 0$$

$$586,5 \sin \alpha - 115 \cos \alpha + 500 - 420 \cos \alpha = 0$$

$$586,5 \sin \alpha - 305 \cos \alpha = -500$$

$$\therefore \alpha \approx 77^\circ$$

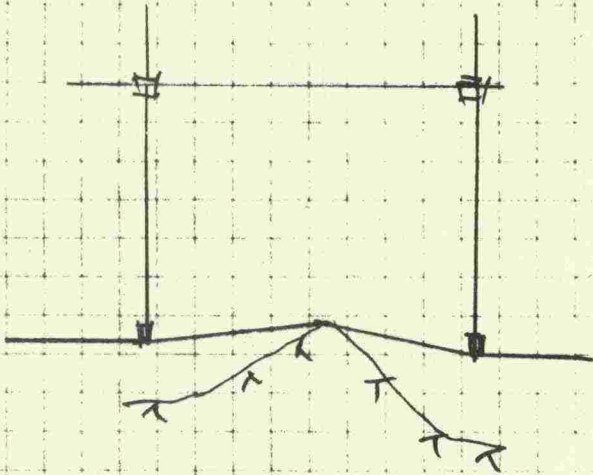


$h \approx 40, 45 \text{ mm}$  tasapainotilan-  
tessa oletetuilla arvoilla.  
Yleisesti  $h$  voi luokitella  
sade arvon  $\approx 0 \text{ km}$   
tilla suurenee.



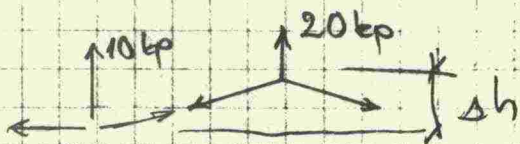
## 2. KOSKETUS

## VÄIJERIN PARNOJEN VÄLILLÄ



vaijeri liukaa kirkkaim-  
maasti kellosta

Tähteen stabiiliteetin menettämiseen vaadittu  
painon leveys  $\Delta V = 10 \text{ kp}$



$H_g = 60 \dots 100 \text{ kp}$  nopea-  
desta riippuen.

$$\frac{\Delta h}{5} = \frac{10 \text{ kp}}{H_g}$$

$$\Delta h = 50 \text{ kp} / H_g = 0,8 \dots 0,6 \dots 0,5 \text{ m} \text{ nopeudesta riippuen.}$$

Kun vaijeri liukaa kirkkaim-  
tasapainoyhtälö (ks. kohta 1)

$$M_0 = 5,1 \sin \alpha \cdot 115 - 1,0 \cos \alpha \cdot 115 - 1,0 \cos \alpha \cdot 70 = 0$$

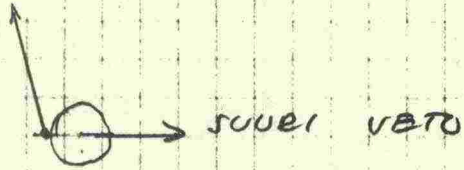
$$586,5 \sin \alpha - \cos \alpha \cdot 185 = 0$$

$$586,5 \tan \alpha = 185$$

$$\alpha = 17,5^\circ \rightarrow \Delta h \approx 10 \text{ mm} \text{ painon kalliutumasta}$$

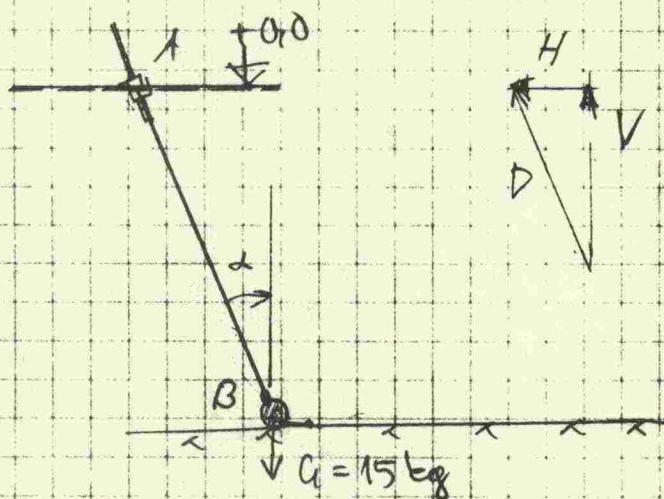


Jos kuitenkin väijeri pyrkii tohtoutumaan,  
 aiheuttaa vieresiin painoihin kehittyvä  
 lisäntynyt veto saman tilanteen kuin kirkon  
 vaihtuessa väijeriin





# POLJAPAINON LIIKUMINEN SILEÄLLÄ KALLIOILLA - vaikutus syvyysvaijeriin asennoon



$$\mu = 0,5 \quad (\text{kivi/teräs märkinä})$$

$$H_{\mu} = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ kp} \quad (\text{max})$$

Virtausvastuksen aiheuttama voima on yhtäsuuri kuin töydessä AB vaikuttavan voiman vaakakomponentti

$$\text{Rajatapauksessa (stabiili)} \quad Z = V = 6...7 \text{ kp}$$

H arvioidaan olevan  $\approx 1 \text{ kp}$

$\alpha \approx 9,5^\circ$ , tällöin vaadittu veto voima

havausvaijerissa on  $\approx 5...6 \text{ kp}$  havausruunnassa

korkeusero purtysemaan vetoahtuma

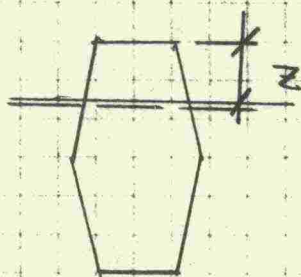
$$\Delta h = h(1 - \cos \alpha) = 13(1 - \cos 10^\circ) = \underline{\underline{0,6 \text{ m}}}$$

(erittäin on huomioitava maanpinnan pohjapainon asennon vaikutus)



# VEIKOKÖYDEN PYSTYKOMPONENTIN VAIKUTUS LIITE 10/15.

Laskeetaan teräspaino asennosta alkuun  
 erisäätöruuften voimien vaikutus keuhapainon  
 vaikutus asennaan



$$z = 180 \quad 4U = 0$$

$$V = \frac{\pi \cdot z}{3} (1,25^2 + 1,25 \left( \frac{1,75 - 1,25}{3,2} \right) \cdot z + 1,25) + \left( \frac{1,75 - 1,25}{3,2} \cdot z + 1,25 \right)^2$$

1,75 M1  
 1,25 M2  
 3,2 M3  
 M4

$$z = 110$$

$$z = 320$$

$$V_1 = 22,83 \text{ l}$$

$$\Sigma V = 22,83$$

$$180$$

$$10,97$$

$$= 34,69$$

$$200$$

$$12,48$$

$$= 33,18$$

$$220$$

$$14,04$$

$$= 31,62$$

$$240$$

$$15,67$$

$$= 29,99$$

$$260$$

$$17,36$$

$$= 28,30$$

$$280$$

$$19,12$$

$$= 26,54$$

$$300$$

$$20,94$$

$$= 24,72$$

$$170$$

$$10,29$$

$$= 35,42$$

$$160$$

$$9,53$$

$$= \underline{\underline{35,13}}$$

TERÄSPUTKI 4...5 kg

KESKUSKE 1,5 kg

POHJAPAINO 30 kg

$$\left. \begin{array}{l} \text{TERÄSPUTKI} \\ \text{KESKUSKE} \\ \text{POHJAPAINO} \end{array} \right\} \Sigma = 36 \text{ kg}$$



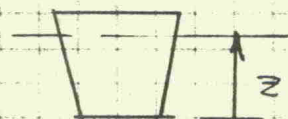
LIITE 10/16

$z$ mm	$\Delta z$ mm	$\Delta V$ kPa
160	0	0
180	20	1,44
200	40	2,95
220	60	4,51
240	80	6,14
260	100	7,83
280	120	9,59
300	140	11,41
320	160	13,30
340	180	15,19
360	200	17,01
380	220	18,77
400	240	20,46

= VESIRAJAN ASETO

Nousu ylös

TAVALLINEN POIKO



$$zg = 15 + 4 \dots 5 + 0,7 \approx 20 \text{ kPa}$$

$z$ mm	$V_1$	$\Delta z$ mm	$\Delta V$ kPa
320	22,83	-30	-
310	21,88	-20	-
300	20,94	-10	-
290	20,02	0	0
280	19,12	10	0,90
270	18,23	20	1,79
260	17,36	30	2,66

Nousu ylös



Laskefaan teennapoi'jun nousu eer  
koneaussyytyksille ja vetokäden pituuksille,  
kun vetovoima on vakio 120 kp

1)  $h = 13 \text{ m}$   $L = 80$   $\alpha = 9,35^\circ$   $H = 118,4 \text{ kp}$

$\Delta V_1 = \sin 9,35^\circ \cdot 120 \text{ kp} = 19,5 \text{ kp}$   $\Delta z = 228 \text{ mm}$

$\Delta V_2 = 2,7 \text{ "}$   $\Delta z = 30 \text{ "}$

$\Delta V_1 = 0,4 \text{ "}$   $\Delta z = 6 \text{ "}$   
 $22,6 \text{ kp}$

$\epsilon = \frac{19,5}{22,6} = 0,863$

$\Delta V_1 = \epsilon \cdot (19,5 + 0,4) = 17,2 \text{ kp}$

$\Delta V_2 = \epsilon (2,7) = 2,3 \text{ "}$   
 $19,5 \text{ kp}$

$\Delta z_1 = 202 \text{ mm}$
$\Delta z_2 = 26 \text{ "}$

2)  $h = 13 \text{ m}$   $L = 100 \text{ m}$   $\alpha = 7,47^\circ$   $H = 119,0 \text{ kp}$

$\Delta V_1 = \sin 7,47^\circ \cdot 120 \text{ kp} = 15,6 \text{ kp}$   $\Delta z_1 = 185 \text{ mm}$

$\Delta V_2 = 2,2 \text{ "}$   $\Delta z_2 = 25 \text{ mm}$

$\Delta V_1 = 0,3 \text{ "}$   $\Delta z_1 = 4 \text{ mm}$   
 $18,1 \text{ kp}$

$\epsilon = \frac{15,6}{18,1} = 0,862$

$\Delta V_1 = \epsilon (15,6 + 0,3) = 13,7 \text{ kp}$

$\Delta V_2 = \epsilon \cdot 2,2 = 1,9 \text{ "}$

$\Delta z_1 = 164 \text{ mm}$
$\Delta z_2 = 22 \text{ "}$



3)  $h = 13 \text{ m}$        $L = 120 \text{ m}$        $\alpha = 6,22^\circ$        $H = 119,3 \text{ t}$

$$\Delta V_1 = \sin 6,22^\circ \cdot 120 \text{ t} = 13,0 \text{ t} \quad \Delta z_1 = 157 \text{ mm}$$

$$\Delta V_2 = 1,9 \text{ "} \quad \Delta z_2 = 21 \text{ "}$$

$$\Delta V_1 = 0,3 \text{ "}$$


---


$$15,2 \text{ t}$$

$$k = \frac{13}{15,2} = 0,855$$

$$\Delta V_1 = k(13 + 0,3) = 11,4 \text{ t}$$

$$\Delta V_2 = k \cdot 1,9 = 1,6 \text{ t}$$

$$\Delta z_1 = 140 \text{ mm}$$

$$\Delta z_2 = 18 \text{ "}$$

4)  $h = 12 \text{ m}$        $L = 80 \text{ m}$        $\alpha = 8,63^\circ$        $H = 118,6 \text{ t}$

$$\Delta V_1 = \sin 8,63^\circ \cdot 120 = 18,0 \text{ t} \quad \Delta z_1 = 211 \text{ mm}$$

$$\Delta V_2 = 2,5 \text{ "} \quad \Delta z_2 = 28 \text{ "}$$

$$\Delta V_1 = 0,3 \text{ "}$$

---


$$20,8 \text{ t}$$

$$k = \frac{18}{20,8} = 0,865$$

$$\Delta V_1 = k(18 + 0,3) = 15,8 \text{ t}$$

$$\Delta V_2 = 2,2 \text{ "}$$

---


$$18,0 \text{ t}$$

$$\Delta z_1 = 187 \text{ mm}$$

$$\Delta z_2 = 25 \text{ "}$$



5)  $h = 12 \text{ m}$        $L = 100 \text{ m}$        $\alpha = 6,89^\circ$        $H = 119,1 \text{ kp}$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \sin 6,89^\circ \cdot 120 = 14,4 \text{ kp} & \Delta z_1 &= 172 \text{ mm} \\ \Delta V_2 &= \frac{0,172}{10} \cdot 119,1 = 2,0 \text{ " } & \Delta z_2 &= 22 \text{ " } \\ \Delta V_1 &= & & \\ & \underline{0,3 \text{ "}} & & \\ & 16,7 \text{ kp} & & \end{aligned}$$

$$k = \frac{14,4}{16,7} = 0,862$$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= L(14,4 + 0,3) = 12,7 \text{ kp} \\ \Delta V_2 &= k \cdot 2 = 1,7 \text{ " } \\ & \underline{14,4 \text{ kp}} \end{aligned}$$

$\Delta z_1 = 154 \text{ mm}$
$\Delta z_2 = 20 \text{ "}$

6)  $h = 12 \text{ m}$        $L = 120 \text{ m}$        $\alpha = 5,74^\circ$        $H = 119,4 \text{ kp}$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \sin 5,74^\circ \cdot 120 = 12,0 \text{ kp} & \Delta z_1 &= 146 \text{ mm} \\ \Delta V_2 &= \frac{0,146}{10} \cdot 119,4 = 1,7 \text{ " } & \Delta z_2 &= 19 \text{ " } \\ \Delta V_1 &= & & \\ & \underline{0,2 \text{ "}} & & \\ & 13,9 \text{ kp} & & \end{aligned}$$

$$k = \frac{12}{13,9} = 0,863$$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= L(12 + 0,2) = 10,5 \text{ kp} \\ \Delta V_2 &= k \cdot 1,7 = 1,5 \text{ kp} \\ & \underline{12,0 \text{ kp}} \end{aligned}$$

$\Delta z_1 = 130 \text{ mm}$
$\Delta z_2 = 17 \text{ "}$



7)  $h = 11m$   $L = 80m$   $\alpha = 7,90^\circ$   $H = 118,9 \text{ kp}$

$\Delta V_1 = \sin 7,9^\circ \cdot 120 = 16,5 \text{ kp}$   $\Delta z_1 = 194 \text{ mm}$

$\Delta V_2 = \frac{0,194}{10} \cdot 118,9 = 2,3 \text{ "}$   $\Delta z_2 = 26 \text{ "}$

$\Delta V_1 =$   
 $\frac{0,3 \text{ "}}{19,1 \text{ kp}}$

$t = \frac{16,5}{19,1} = 0,864$

$\Delta V_1 = t(16,5 + 0,3) = 14,5 \text{ kp}$

$\Delta V_2 = t \cdot 2,3 = \frac{2,0 \text{ "}}{16,5 \text{ kp}}$

$\Delta z_1 = 173 \text{ mm}$

$\Delta z_2 = 22 \text{ "}$

8)  $h = 11m$   $L = 100m$   $\alpha = 6,32^\circ$   $H = 119,3 \text{ kp}$

$\Delta V_1 = \sin 6,32^\circ \cdot 120 = 13,2 \text{ kp}$   $\Delta z_1 = 159 \text{ mm}$

$\Delta V_2 = \frac{0,159}{10} \cdot 119,3 = 1,9 \text{ "}$   $\Delta z_2 = 21 \text{ "}$

$\Delta V_1 =$   
 $\frac{0,3 \text{ "}}{15,4 \text{ kp}}$

$t = \frac{13,2}{15,4} = 0,857$

$\Delta V_1 = t(13,2 + 0,3) = 11,6 \text{ kp}$

$\Delta V_2 = t \cdot 1,9 = \frac{1,6 \text{ "}}{13,2 \text{ kp}}$

$\Delta z_1 = 142 \text{ mm}$

$\Delta z_2 = 18 \text{ "}$



9)  $h = 11m$   $L = 120m$   $\alpha = 5,26^\circ$   $H = 119,5 \text{ тп}$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \sin 5,26^\circ \cdot 120 = 11,0 \text{ тп} & \Delta z_1 &= 135 \text{ мм} \\ \Delta V_2 &= \frac{0,135}{0,1} \cdot 119,5 = 1,6 \text{ " } & \Delta z_2 &= 18 \text{ " } \\ \Delta V_1 &= 0,2 \text{ " } \\ & \underline{12,8 \text{ тп}} \end{aligned}$$

$$k = \frac{11}{12,8} = 0,859$$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= 0,859 (11 + 0,2) = 9,6 \text{ тп} \\ \Delta V_2 &= 0,859 \cdot 1,6 = 1,4 \text{ " } \end{aligned}$$

$\Delta z_1 = 120 \text{ мм}$
$\Delta z_2 = 16 \text{ " }$

10)  $h = 10m$   $L = 80m$   $\alpha = 7,18^\circ$   $H = 119,1 \text{ тп}$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \sin 7,18^\circ \cdot 120 = 15,0 \text{ тп} & \Delta z_1 &= 178 \text{ мм} \\ \Delta V_2 &= \frac{0,178}{10} \cdot 119,1 = 2,1 \text{ " } & \Delta z_2 &= 24 \text{ " } \\ \Delta V_1 &= 0,3 \text{ " } \\ & \underline{17,4 \text{ тп}} \end{aligned}$$

$$k = \frac{15}{17,4} = 0,862$$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= k (15 + 0,3) = 13,2 \text{ тп} \\ \Delta V_2 &= k \cdot 2,1 = 1,8 \text{ " } \\ & \underline{15,0 \text{ " }} \end{aligned}$$

$\Delta z_1 = 159 \text{ мм}$
$\Delta z_2 = 20 \text{ " }$



11)  $h = 10m$   $L = 100m$   $\alpha = 5,74^\circ$   $H = 119,4 \text{ kp}$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \sin 5,74^\circ \cdot 120 = 12,0 \text{ kp} & \Delta z_1 &= 146 \text{ mm} \\ \Delta V_2 &= \frac{0,146}{10} \cdot 119,4 = 1,7 \text{ u} & \Delta z_2 &= 19 \text{ u} \\ \Delta V_1 &= & \Delta z_1 &= \\ & 13,9 \text{ kp} & & \end{aligned}$$

$$t = \frac{12}{13,9} = 0,863$$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= t (12 + 0,2) = 10,5 \text{ kp} \\ \Delta V_2 &= t \cdot 1,7 = 1,5 \text{ u} \\ & 12,0 \text{ kp} \end{aligned}$$

$\Delta z_1 = 130 \text{ mm}$
$\Delta z_2 = 17 \text{ u}$

12)  $h = 10m$   $L = 120m$   $\alpha = 4,78^\circ$   $H = 119,6 \text{ kp}$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \sin 4,78^\circ \cdot 120 = 10,0 \text{ kp} & \Delta z_1 &= 125 \text{ mm} \\ \Delta V_2 &= \frac{0,125}{10} \cdot 119,6 = 1,5 \text{ kp} & \Delta z_2 &= 17 \text{ mm} \\ \Delta V_1 &= & & \\ & 11,7 \text{ kp} & & \end{aligned}$$

$$t = \frac{10}{11,7} = 0,855$$

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= t (10 + 0,2) = 8,7 \text{ kp} \\ \Delta V_2 &= t \cdot 1,5 = 1,3 \text{ kp} \end{aligned}$$

$\Delta z_1 = 110 \text{ mm}$
$\Delta z_2 = 14 \text{ mm}$



## 1. NORMAALITILANTEESSA

- pohjapainon kallistumasta johtuva muutos (s. 6)

$$\Delta h = 185 - 185 \cos \alpha \quad \alpha = 9...15^\circ$$

$$\Delta h = \underline{2...6 \text{ mm}}$$

- harmausvaijerin kiinnikkeiden kallistuma vedon aikana (s. 7)

$$\Delta h = 200 - 200 \sin \beta \quad \beta = 26...18^\circ$$

$$\Delta h = \underline{110...140 \text{ mm}}$$

- syvyysvaijerin kallistuman vaihtelu (s. 5)  
testimäärin otaksutaan

$$\Delta h = \underline{70...150 \text{ mm}} \quad (\text{12 m syv.})$$

Nopeudesta riippuen  $\Sigma \Delta h = \underline{180...300 \text{ mm}}$

Lisäksi reunoilta voi nousta 90...120 mm  
enemmän vetovoiman pystykomponentista  
johtuen.



2. POHJAKOSKETUKSISSA

VAIJERIN KOKOUSTASEMI KUIN STABILITEETTI  
ON MENETETTY

2.1 KOSKETUS POHJAPAINON KOHDALLA

- painon asennon määrittäminen (s.11)

$$h_{\max} = 115 + 70 + 200 = 385$$

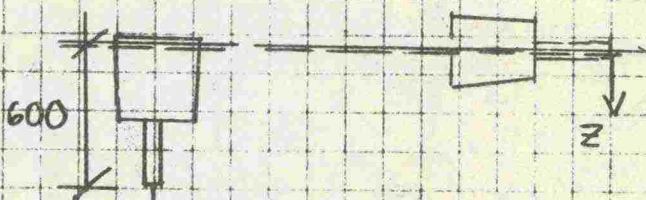
$$h = 25 + 100 = 125 \quad \therefore \Delta h = 260 \text{ mm}$$

- vaijerin kallistuman vaikutus (s.14)

$$\Delta h \approx 200 \text{ mm}$$

- kaafunat poij'a

$$h = 600 \text{ mm} \quad \text{normaali tilantessa}$$



$$4h = 600 \text{ mm}$$

$$\Sigma \Delta h = 260 + 200 + 600 \rightarrow \underline{1000 \dots 1100 \text{ mm}}$$

2.2 KOSKETUS POKNA PAINOJEN VÄLILLÄ

a) vaijeri tähtäilee

$$\Sigma \Delta h = 1000 \dots 1100 + 800 \dots 500 \text{ mm}$$

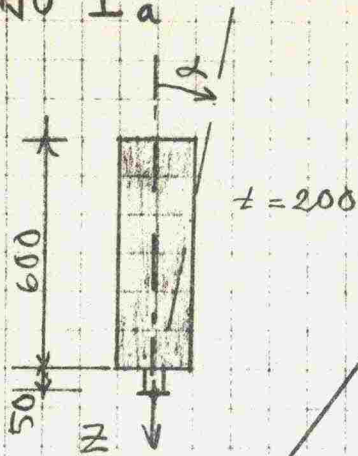
$$= \underline{1500 \dots 1900 \text{ mm}}, \quad \text{keskim.} \quad \underline{1700 \text{ mm}}$$

b) vaijeri liukuu kiikasta, painon asento ei  
muutu paljon (10 mm)

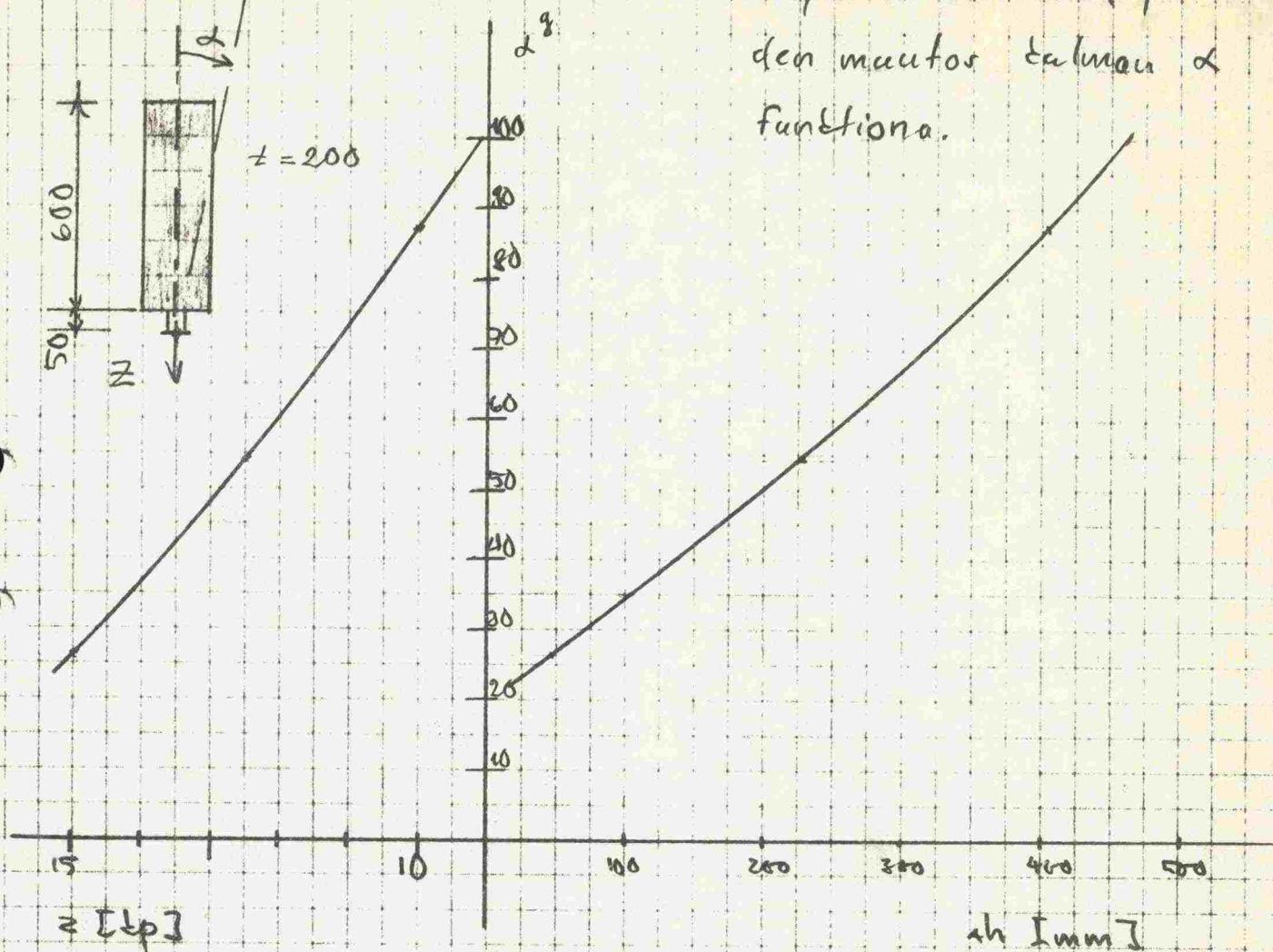
$$\Sigma \Delta h = \underline{1250 \dots 1650 \text{ mm}} \quad \text{keskim.} \quad \underline{1450 \text{ mm}}$$



PONN I a



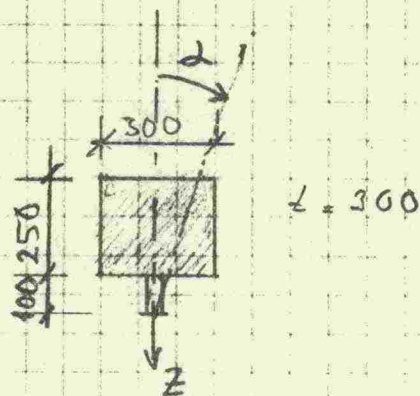
Vaijerin vetovaluma ja lordeen-  
den mautos talunan  $\alpha$   
funktiona.



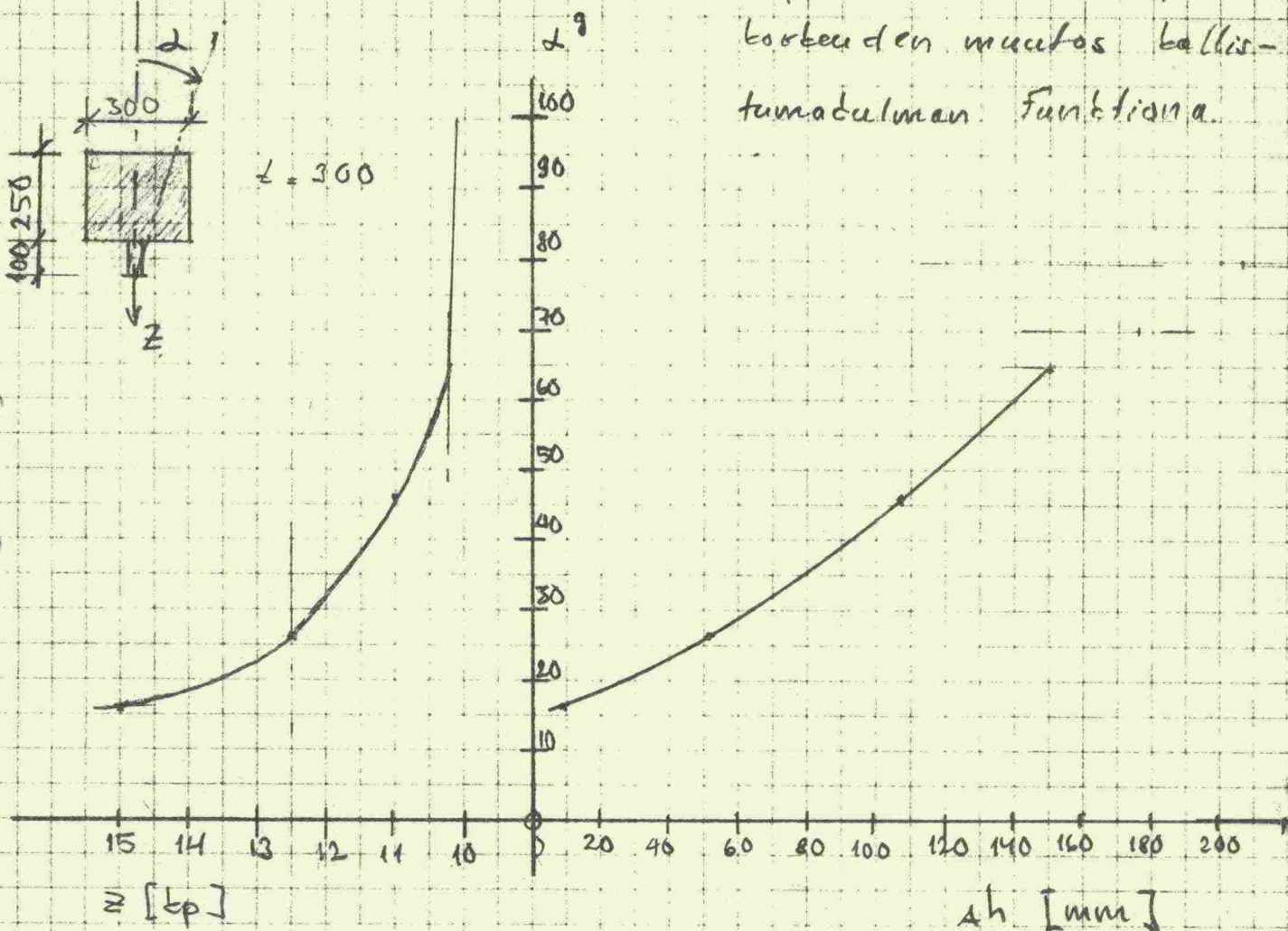
- poiju kallistuu vedon  $Z$  vähetessä
- poijulle on ominaista suuri lordeusaseuman muuttuminen.



POISU III a



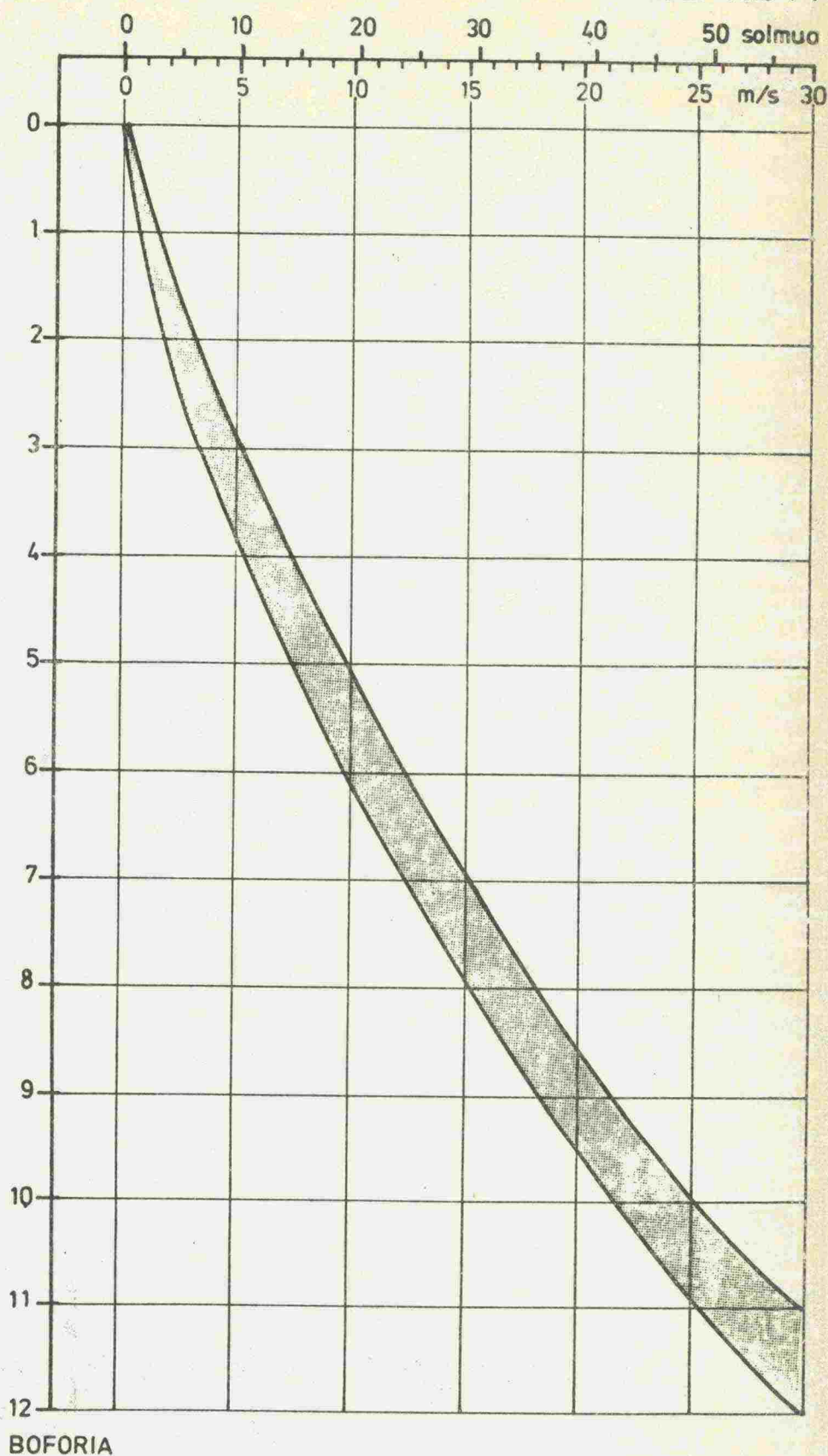
Vaijerin vetovoima ja korkeuden muutos ballistumadulman funktiona.



- Kun  $\alpha > 65^\circ$  poika menettää stabiiliuttaan kokonaan, ellei veto  $Z$  kesä
- Tuulesta ja virtausvastuksesta riippuen  $Z \approx 9...12$  kN silloin kun stabiilius menetetään.
- $\alpha = 100^\circ$   $\Delta h \approx 270$  mm



Tuulen voima Boforia	Tuulen nimitys	Tuulen vaikutukset	
		maalla	avomerellä
0	Tyyne	Savu nousee pysty- suoraan	Peilityyni meri
1	Hiljainen tuuli	Tuulen suunnan nä- kee savun liikkees- tä. Tuuliviiri ei käännä	Meren pinnassa pien- tä karettä
2	Heikko tuuli	Tuuli tuntuu ihoon. Puiden lehdet ka- hisevat. Tavallinen viiri kääntyy	Lyhyitä aaltoja, jotka eivät murru
3	Heikon- lainen tuuli	Puiden lehdet ja leh- vät liikkuvat. Ke- vyt lippu suoratuu	Aallon harjat murtu- vat silloin tällöin. Läpinäkyvää vaah- toa aallon harjoilla
4	Kohta- lainen tuuli	Pienet oksat heiluvat. Nostaa maasta pö- lyä ja irtonaisia pa- perin palasia	Pitkähköjä aaltoja. Vaahtopäitä, jotka kohahtelevat
5	Navak- ka tuuli	Pienehköt lehtipuut heiluvat. Järven- selällä vaahtopäitä	Aallon harjat kaut- taaltaan valkoisina vaahtopäinä. Meri kohisee jatkuvasti
6	Kova tuuli	Suuret oksat heiluvat. Suhisee sattuessaan taloihin ja kiinteis- iin esineisiin	Aaltojen vahto le- viää. Meri kohisee kumeasti
7	Luja tuuli	Puut heiluvat. Vasten- tuulta kulkeminen vaikeasta	Aaltojen huiput mur- tuvat. Vaahto jär- jestyy tuulen suun- taisiksi juoviksi. Kohina kuuluu kauas
8	Myrskyinen tuuli	Katkaa puiden oksia. Ulkona liikkuminen vaikeasta	Aallot pitkiä ja ver- raten korkeita. Vaahto tiheinä tuu- len suuntaisina juo- vina
9	Myrsky	Katkaa puita. Vau- rioittaa heikohkoja rakennuksia, irrot- taa kattotiliä ja särkee savupiipun hattuja	Aallot korkeita. Aal- tojen pärske huo- nontaa hiukan nä- kyvyyttä. Meri pau- haa
10	Kova myrsky	Kiskoo puita juuri- neen. Aiheuttaa huomattavaa vah- inkoa rakennuk- sille. Sattuu har- voin sisämaassa	Aaltovuoria. Meren- pinta valkoisena vaahdosta. Pauhu kovaa, puuskittais- ta. Aaltojen pärske huonontaa näky- vyyttä
11	Anhara myrsky	Kaataa metsää. Siir- tää rakennuksia. Sattuu erittäin har- voin sisämaassa	Näköpiirissä olevat laivat katoavat aal- tovuorien taakse. Koko merenpinta valkoisena. Pärske huonontaa huomat- tavasti näkyvyyttä
12	Hiramu- myrsky	Tuhooa perin pohjin rakennukset ym.	Koko merenpinta val- koisena. Näkyvyys erittäin huono



BOFORIA

TUULEN NOPEUDEN JA BOFORIEN  
VÄLINEN RIIPPUVUUS